

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL
ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS
DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO
PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024**

PRESENTADO POR:

Br. HEINER HILARION BUSTINCIA GAMES

Br. HERNAN CUTIPA QUISPE

PARA OPTAR EL TÍTULO

PROFESIONAL DE INGENIERO

CIVIL

ASESOR:

Mg. Ing. JOSÉ CARLOS SOLIS TITO

CUSCO-PERÚ

2025



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-321-2025-UNSAAC)

El que suscribe, el **Asesor** MGT. ING. JOSE CARLOS SOLIS TITO
..... quien aplica el software de detección de similitud al
trabajo de investigación/tesistitulada: INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS
ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE
SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE
LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO - 2024

Presentado por: HEINER HILARION BUSTINCIA GAMES DNI N° 74600426 ;
presentado por: HERNAN CUTIPA QUIPE DNI N°: 48069609
Para optar el título Profesional/Grado Académico de INGENIERO CIVIL
.....

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 02.... veces, mediante el
Software de Similitud, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso del Sistema Detección de**
Similitud en la UNSAAC y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 09....%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud.	<input checked="" type="checkbox"/>
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las subsanaciones.	<input type="checkbox"/>
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación para que tome las acciones correspondientes; Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	<input type="checkbox"/>

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** las primeras páginas del reporte del Sistema de Detección de Similitud.

Cusco, 19 de ENERO de 20 26.....

Firma

Post firma MGT. ING. JOSE CARLOS SOLIS TITO

Nro. de DNI 43491953

ORCID del Asesor 0000-0002-1437-7330

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: **oid:** 27259:546269443

INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOS...

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:547372378

Fecha de entrega

19 ene 2026, 9:48 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

19 ene 2026, 10:09 a.m. GMT-5

Nombre del archivo

INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE S....pdf

Tamaño del archivo

13.2 MB

393 páginas

139.588 palabras

581.313 caracteres

9% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

Fuentes principales

- 5%  Fuentes de Internet
- 3%  Publicaciones
- 6%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

-  **Caracteres reemplazados**
68 caracteres sospechosos en N.º de páginas
Las letras son intercambiadas por caracteres similares de otro alfabeto.
-  **Texto oculto**
8138 caracteres sospechosos en N.º de páginas
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

A mi madre Lucila Quispe, por su fuerza, sacrificio y amor constante, que han sido mi mayor inspiración a lo largo de este camino. Y a la memoria de mi padre, Ceferino Cutipa, cuya presencia vive en cada uno de mis logros. A mis hermanos, por estar presentes en cada paso que doy. A mis familiares y amigos, por su apoyo y por enseñarme con su ejemplo el valor del esfuerzo y la perseverancia.

Hernan Cutipa Quispe

Dedico este trabajo con profundo cariño y gratitud a mis padres, quienes, con su amor incondicional, esfuerzo y sacrificio han sido mi mayor ejemplo de constancia y superación. A ellos les debo cada paso que he dado en mi formación personal y profesional.

También dedico esta tesis a mis hermanos, por su apoyo constante y sus palabras de aliento en los momentos más difíciles.

A mis docentes, por compartir sus conocimientos y por motivarme a seguir aprendiendo cada día.

Y, finalmente, a todas aquellas personas que, de una u otra forma, han sido parte de este camino. Gracias por creer en mí.

Heiner Hilarion Bustincia Games

RESUMEN

Esta investigación evalúa la mejora de un suelo arcilloso de baja plasticidad (clasificado como A-4) de la subrasante en vías no pavimentadas de Cusco mediante el uso de estabilizantes cemento IP, Proes y Con-Aid, aplicados de forma individual y combinada. El objetivo principal es determinar cómo estos aditivos influyen en la capacidad de soporte del suelo (CBR) al 95% de compactación. El suelo natural presenta un CBR promedio de 12.02%, evidenciando baja resistencia estructural. Con la aplicación de cemento al 1.5% como único estabilizante, el CBR aumenta a 32.80%, mostrando una mejora significativa. El mayor incremento individual se obtiene con Proes al 0.03% combinado con cemento al 1.5%, alcanzando un CBR de 67.18%, más del doble en comparación con el uso exclusivo de cemento. Las mezclas combinadas de estabilizantes logran mejoras aún más importantes. El tratamiento más eficiente es el T2, que incluye Proes 0.03%, Con-Aid 0.03% y cemento 1.5%, alcanzando un CBR de 87.81%, el valor más alto registrado. El segundo mejor resultado corresponde al tratamiento T4 (Proes 0.03%, Con-Aid 0.01% y cemento 1.5%), con un CBR de 80.19%. En conclusión, Proes demuestra un impacto notable como aditivo individual. Sin embargo, la combinación sinérgica de Proes + Con-Aid + cemento produce los mayores incrementos en la capacidad portante del suelo, consolidándose como una alternativa técnica eficiente para la estabilización de suelos en vías rurales con suelos de baja calidad.

Palabras clave: Vías no pavimentadas, Subrasante, Estabilización de suelos, Baja plasticidad.

ABSTRACT

This study evaluates the improvement of a low-plasticity clay soil (classified as A-4) used as subgrade in unpaved roads in the Cusco region through the application of three stabilizing agents: IP cement, Proes, and Con-Aid, used both individually and in combined treatments. The main objective is to determine how these additives influence the soil's bearing capacity, measured through the California Bearing Ratio (CBR) at 95% compaction. The natural soil presents an average CBR value of 12.02%, indicating low structural resistance. When 1.5% cement is applied as the sole stabilizer, the CBR increases to 32.80%, showing a notable improvement. The highest individual increase is achieved with 0.03% Proes combined with 1.5% cement, reaching a CBR of 67.18%, more than double the value obtained with cement alone. Combined treatments produce even greater enhancements. The most effective treatment is T2, consisting of 0.03% Proes, 0.03% Con-Aid, and 1.5% cement, achieving a CBR of 87.81%, the highest recorded value. The second best treatment, T4 (0.03% Proes, 0.01% Con-Aid, and 1.5% cement), reaches a CBR of 80.19%. In conclusion, Proes shows a significant impact when used individually; however, the synergistic combination of Proes + Con-Aid + cement produces the greatest increase in soil bearing capacity, making these stabilizers an efficient technical alternative for the improvement of low-quality soils in rural road infrastructure projects.

Keywords: Unpaved roads, Subgrade, Soil stabilization, Low plasticity.

PRESENTACIÓN

Esta investigación analiza el comportamiento de un suelo arcilloso de baja plasticidad, común en caminos no pavimentados del Cusco, al ser modificado con aditivos estabilizantes como Proes, Conaid y cemento tipo IP. El objetivo es proponer alternativas técnicas que mejoren la resistencia y estabilidad de la subrasante, aportando a una red vial más durable y funcional.

La presente tesis se estructura en cinco capítulos principales. El Capítulo I introduce el planteamiento del problema, establece los objetivos del trabajo y justifica la importancia del estudio. En el Capítulo II se desarrolla el sustento teórico, explicando los principios esenciales sobre los suelos, la estabilización mediante aditivos químicos y las técnicas de ensayo aplicadas. El Capítulo III expone con detalle la metodología adoptada, incluyendo el diseño experimental, los insumos utilizados y los procedimientos llevados a cabo en laboratorio. El Capítulo IV presenta los resultados obtenidos junto con un análisis comparativo, poniendo énfasis en las mejoras observadas en la resistencia del suelo. Finalmente, el Capítulo V contiene las conclusiones derivadas de la investigación y plantea sugerencias orientadas a futuras aplicaciones prácticas.

Con esta investigación se busca aportar conocimientos útiles para el diseño y ejecución de soluciones de estabilización de suelos en zonas rurales, contribuyendo al desarrollo de vías más duraderas y funcionales que respondan a las necesidades de conectividad territorial.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	II
RESUMEN.....	III
ABSTRACT	IV
PRESENTACIÓN	V
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.2 FORMULACIÓN DE PROBLEMAS.....	4
1.2.1 <i>Problema General</i>	4
1.2.2 <i>Problemas Específicos</i>	4
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	4
1.3.1 <i>Conveniencia</i>	4
1.3.2 <i>Relevancia social</i>	5
1.3.3 <i>Implicancias prácticas</i>	5
1.3.4 <i>Valor teórico</i>	5
1.3.5 <i>Utilidad de la metodología</i>	5
1.4 OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN	6
1.4.1 <i>Objetivo General</i>	6
1.4.2 <i>Objetivos Específicos</i>	6
1.5 DELIMITACIÓN DEL ESTUDIO	6
1.5.1 <i>Delimitación espacial</i>	6
1.5.2 <i>Delimitación temporal</i>	7
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	8
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	8
2.1.1 <i>Antecedentes Internacionales</i>	8
2.1.2 <i>Antecedentes Nacionales</i>	9
2.1.3 <i>Antecedentes Locales</i>	11
2.2 BASES TEÓRICAS	14

2.2.1	<i>Suelo</i>	14
2.2.1.1	Grava	14
2.2.1.2	Arena	14
2.2.1.3	Finos (Limo y Arcilla).....	15
2.2.2	<i>Sistema de clasificación AASHTO</i>	15
2.2.3	<i>Sistema unificado de clasificación de suelo (SUCS)</i>	18
2.2.3.1	Clasificación para suelos gruesos	21
2.2.3.2	Clasificación para suelos finos	22
2.2.4	<i>Contenido de humedad</i>	25
2.2.5	<i>Granulometría</i>	25
2.2.5.1	Análisis granulométrico por tamizado.....	25
2.2.5.2	Tamaño efectivo, coeficiente de uniformidad y coeficiente de gradación.....	26
2.2.6	<i>Plasticidad de los suelos</i>	28
2.2.6.1	Límite líquido.....	30
2.2.6.2	Límite plástico	30
2.2.6.3	Índice de plasticidad.....	31
2.2.7	<i>Compactación de suelos</i>	31
2.2.7.1	Prueba Proctor modificado	32
2.2.8	<i>California Bearing Ratio (CBR)</i>	35
2.2.8.1	Porcentaje de expansión	37
2.2.9	<i>Compresión no confinada</i>	37
2.2.10	<i>Estabilización de suelos</i>	39
2.2.10.1	La estabilización química	39
2.2.10.1.1	Estabilización con cal.....	40
2.2.10.1.2	Estabilización con cemento.....	40
2.2.10.1.3	Suelos estabilizados con escoria	41
2.2.10.1.4	Estabilización con Cloruro de Sodio	42
2.2.10.1.5	Estabilización con Cloruro de Calcio.....	42
2.2.10.1.6	Estabilización con Cloruro de Magnesio.....	43
2.2.10.1.7	Estabilización con Productos Asfálticos.....	44
2.2.10.2	La estabilización mecánica	44
2.2.10.3	Tipos de uso de estabilización química según la clase de suelo	46
2.2.10.4	Estabilización química por ionización.....	49
2.2.10.5	Estabilizador Iónico: Proes	49
2.2.10.5.1	Especificaciones técnicas	51
2.2.10.6	Estabilización Iónico: Con-Aid.....	52
2.2.10.6.1	Especificaciones técnicas	53

2.2.11	<i>Pavimentos</i>	53
2.2.11.1	Carreteras no pavimentadas	54
2.2.11.1.1	Clasificación de rutas no pavimentadas	54
2.2.11.1.2	Dimensiones de carreteras no pavimentadas	55
A)	SECCIÓN TRANSVERSAL NO ADECUADA	55
B)	SISTEMA DE DRENAJE DEFICIENTE	56
C)	ONDULACIONES	56
D)	EMISIÓN EXCESIVA DE POLVO.....	56
E)	SURCOS.....	57
F)	SEPARACIÓN DE LOS AGREGADOS	57
2.3	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	57
CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA.....		60
3.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN	60
3.2	ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN.....	60
3.3	NIVEL DE INVESTIGACIÓN	60
3.4	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	60
3.5	ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN.....	61
3.6	POBLACIÓN.....	61
3.7	MUESTRA.....	61
3.7.1	<i>Selección de Muestra</i>	62
3.7.2	<i>Tamaño de Muestra</i>	62
3.7.3	<i>Caracterización previa y justificación de la muestra seleccionada</i>	62
3.8	HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	63
3.8.1	<i>Hipótesis General</i>	63
3.8.2	<i>Hipótesis Específicas</i>	63
3.9	VARIABLES DE ESTUDIO	64
3.9.1.1	Identificación de Variables	64
3.9.1.2	Operacionalización de Variables	65
3.10	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	65
3.11	VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS	66
3.12	PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	67
3.13	UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN	67
3.13.1	<i>Descripción general de la sección de investigación</i>	69
3.13.2	<i>Croquis de calicatas en la vía</i>	69
3.13.3	<i>Perfil longitudinal de la vía</i>	70

3.13.4	<i>Estratigrafía del suelo</i>	71
3.14	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	74
3.14.1	<i>Factores y niveles</i>	74
3.14.1	<i>Tratamientos</i>	75
3.14.2	<i>Número de réplicas</i>	76
3.14.3	<i>Justificación del diseño</i>	77
3.15	FLUJOGRAMA DE LA METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	78
3.16	ENSAYOS DE LABORATORIO PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	78
3.16.1	<i>Ensayo de laboratorio</i>	78
3.16.1.1	Ensayo de granulometría por tamizado	78
3.16.1.2	Ensayo de Contenido de Humedad	80
3.16.1.3	Ensayo de límite líquido	82
3.16.1.4	Ensayo de límite plástico	83
3.16.1.5	Ensayo de Proctor Modificado	85
3.16.1.6	Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)	87
3.16.1.7	Ensayo de compresión no confinada.....	89
3.17	VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE INSTRUMENTOS	90
3.18	ANÁLISIS DE DATOS.....	91
	CAPITULO 4: RESULTADOS Y DISCUSIONES	92
4.1	RECONOCIMIENTO INICIAL DEL TERRENO Y SELECCIÓN DE MUESTRA REPRESENTATIVA.....	92
4.2	CARACTERIZACIÓN DEL SUELO NATURAL-TIPO II (CALICATA C-5).....	94
4.3	RESULTADOS DE ESTABILIZACIÓN	95
4.3.1	<i>Resultados de estabilización con aditivos individuales (calicata C-5)</i>	95
4.3.2	<i>Resultados de estabilización con combinaciones de aditivos (calicata C-5)</i>	103
4.4	ANÁLISIS ESTADÍSTICO – ANOVA (CALICATA C-5).....	105
4.4.1	<i>Análisis estadístico para Límite Líquido</i>	106
4.4.2	<i>Análisis estadístico para Límite Plástico</i>	111
4.4.3	<i>Análisis estadístico para índice de plasticidad</i>	116
4.4.4	<i>Análisis estadístico para densidad máxima seca (DMS)</i>	121
4.4.5	<i>Análisis estadístico para contenido de humedad óptima (CHO)</i>	126
4.4.6	<i>Análisis estadístico para CBR</i>	131
4.4.7	<i>Análisis estadístico para Compresión no Confinada</i>	136
4.4.8	<i>Comparación de tratamientos</i>	142

4.4.8.1 Pruebas post-hoc.....	142
CONCLUSIONES	148
RECOMENDACIONES	150
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	151
ANEXOS	154
ANEXO A: MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	155
ANEXO B: ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN DEL SUELO DE LAS CALICATAS	156
ANEXO C: RESULTADOS DEL ENSAYO DE LÍMITES DE ATTERBERG CON TRATAMIENTOS INDIVIDUALES Y COMBINADAS	172
ANEXO C: RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO CON TRATAMIENTOS INDIVIDUALES Y COMBINADAS	216
ANEXO D: RESULTADOS DEL ENSAYO DE CBR CON TRATAMIENTOS INDIVIDUALES Y COMBINADAS	261
ANEXO E. RESULTADOS DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN NO CONFINADA CON TRATAMIENTOS INDIVIDUALES Y COMBINADAS	351
ANEXO F. PANEL FOTOGRÁFICO.....	367

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1	<i>Intervalo del límite líquido y el índice de plasticidad</i>	17
Figura N° 2	<i>Gráfica de plasticidad</i>	20
Figura N° 3	<i>Diagrama de denominaciones de grava y arena</i>	21
Figura N° 4	<i>Secuencia de grupos de limo inorgánico y suelos arcillosos</i>	22
Figura N° 5	<i>Secuencia de grupos de limo orgánico y suelos arcillosos</i>	23
Figura N° 6	<i>Secuencia de grupos de limoso orgánico y suelos arcillosos</i>	24
Figura N° 7	<i>Tamaño de partículas</i>	27
Figura N° 8	<i>Distribución del tamaño de la partícula de grano</i>	28
Figura N° 9	<i>Condiciones de consistencia del suelo</i>	29
Figura N° 10	<i>Curva de flujo para la determinación del límite líquido</i>	30
Figura N° 11	<i>Compactación de suelos</i>	32
Figura N° 12	<i>Martillos empleados en las pruebas de Proctor</i>	33
Figura N° 13	<i>Gráfica de resultados de ensayo Proctor</i>	34
Figura N° 14	<i>Equipos para realizar compactación para CBR</i>	36
Figura N° 15	<i>Círculos de Mohr</i>	38
Figura N° 16	<i>Reacción Química por Ionización</i>	49
Figura N° 17	<i>Influencia de la estabilización en la estructura del pavimento</i>	50
Figura N° 18	<i>Estructura de la superficie pavimentada</i>	54
Figura N° 19	<i>Ubicación geográfica del estudio</i>	68
Figura N° 20	<i>Ubicación de las calicatas en el tramo de investigación</i>	69
Figura N° 21	<i>Perfil longitudinal de ubicación de las calicatas</i>	70
Figura N° 22	<i>Flujograma de investigación</i>	78
Figura N° 23	<i>Muestra de suelo antes y después de N de golpes para LL</i>	83
Figura N° 24	<i>Procedimiento para el análisis ANOVA</i>	92
Figura N° 25	<i>Variación de límite líquido con cada aditivo</i>	96
Figura N° 26	<i>Variación de límite plástico con cada aditivo</i>	97
Figura N° 27	<i>Variación de índice de plasticidad con cada aditivo</i>	98
Figura N° 28	<i>Variación de DMS y CHO con cada aditivo</i>	99
Figura N° 29	<i>Variación de expansión y CBR con cada aditivo</i>	101
Figura N° 30	<i>Variación del esfuerzo con cada aditivo</i>	102
Figura N° 31	<i>Probabilidad normal del límite líquido</i>	107
Figura N° 32	<i>Evaluación de residuos frente a los valores ajustados del límite líquido</i>	108

Figura N° 33 <i>Efectos normales estandarizados del límite líquido</i>	109
Figura N° 34 <i>Pareto de efectos estandarizados del límite líquido</i>	109
Figura N° 35 <i>Efectos principales de los factores sobre el límite líquido</i>	110
Figura N° 36 <i>Interacción entre los factores para el límite líquido</i>	110
Figura N° 37 <i>Cubo de medias para el límite líquido en función de factores</i>	111
Figura N° 38 <i>Probabilidad normal del límite plástico</i>	113
Figura N° 39 <i>Evaluación de residuos frente a los valores ajustados del límite plástico</i>	113
Figura N° 40 <i>Efectos normales estandarizados del límite plástico</i>	114
Figura N° 41 <i>Pareto de efectos estandarizados del límite plástico</i>	114
Figura N° 42 <i>Efectos principales de los factores sobre el límite plástico</i>	115
Figura N° 43 <i>Interacción entre los factores para el límite plástico</i>	115
Figura N° 44 <i>Cubo de medias para el límite plástico en función de factores</i>	116
Figura N° 45 <i>Probabilidad normal del índice de plasticidad</i>	118
Figura N° 46 <i>Evaluación de residuos frente a los valores ajustados del índice de plasticidad</i>	118
Figura N° 47 <i>Efectos normales estandarizados del índice de plasticidad</i>	119
Figura N° 48 <i>Pareto de efectos estandarizados del índice de plasticidad</i>	119
Figura N° 49 <i>Efectos principales de los factores sobre el índice de plasticidad</i>	120
Figura N° 50 <i>Interacción entre factores para el índice de plasticidad</i>	120
Figura N° 51 <i>Cubo de medias para el índice de plasticidad en función de factores</i>	121
Figura N° 52 <i>Probabilidad normal de densidad máxima seca</i>	123
Figura N° 53 <i>Evaluación de residuos frente a los valores ajustados de la densidad máxima seca</i>	123
Figura N° 54 <i>Efectos normales estandarizados de la densidad máxima seca</i>	124
Figura N° 55 <i>Pareto de efectos estandarizados de la densidad máxima seca</i>	124
Figura N° 56 <i>Gráfica de efectos principales de los factores sobre la densidad máxima seca</i>	125
Figura N° 57 <i>Interacción entre los factores para la densidad máxima seca</i>	125
Figura N° 58 <i>Cubo de medias para la densidad máxima seca en función de factores</i>	126
Figura N° 59 <i>Probabilidad normal de humedad óptima</i>	128
Figura N° 60 <i>Evaluación de residuos frente a los valores ajustados de humedad óptima</i> ...	128
Figura N° 61 <i>Efectos normales estandarizados de humedad óptima</i>	129
Figura N° 62 <i>Pareto de efectos estandarizados de humedad óptima</i>	129
Figura N° 63 <i>Efectos principales de los factores sobre humedad óptima</i>	130

Figura N° 64 <i>Interacción entre los factores para humedad óptima</i>	130
Figura N° 65 <i>Cubo de medias para la humedad óptima en función de factores</i>	131
Figura N° 66 <i>Probabilidad normal de CBR</i>	133
Figura N° 67 <i>Evaluación de residuos frente a los valores ajustados de CBR</i>	133
Figura N° 68 <i>Efectos normales estandarizados de CBR</i>	134
Figura N° 69 <i>Pareto de efectos estandarizados de CBR</i>	134
Figura N° 70 <i>Efectos principales de los factores sobre CBR</i>	135
Figura N° 71 <i>Interacción entre los factores para CBR</i>	135
Figura N° 72 <i>Cubo de medias para CBR en función de los factores</i>	136
Figura N° 73 <i>Probabilidad normal de compresión no confinada</i>	138
Figura N° 74 <i>Evaluación de residuos frente a los valores ajustados de compresión no confinada</i>	139
Figura N° 75 <i>Efectos normales estandarizados de compresión no confinada</i>	139
Figura N° 76 <i>Pareto de efectos estandarizados de compresión no confinada</i>	140
Figura N° 77 <i>Efectos principales de los factores sobre compresión no confinada</i>	140
Figura N° 78 <i>Interacción entre los factores para compresión no confinada</i>	141
Figura N° 79 <i>Cubo de medias para compresión no confinada en función de factores</i>	141
Figura N° 80 <i>Intervalos de confianza para comparaciones múltiples del límite líquido</i>	142
Figura N° 81 <i>Intervalos de confianza para comparaciones múltiples del límite plástico</i>	143
Figura N° 82 <i>Intervalos de confianza para comparaciones múltiples del índice de plasticidad</i>	144
Figura N° 83 <i>Intervalos de confianza para comparaciones múltiples de la densidad máxima seca</i>	145
Figura N° 84 <i>Intervalos de confianza para comparaciones múltiples del CBR</i>	146
Figura N° 85 <i>Intervalos de confianza para comparaciones múltiples de compresión no confinada</i>	147

ÍNDICE FOTOGRAFÍAS

Fotografía N° 1 <i>Excavación y obtención de muestra- calicata 01</i>	71
Fotografía N° 2 <i>Excavación y obtención de muestra - calicata 02</i>	72
Fotografía N° 3 <i>Excavación y obtención de muestra - calicata 03</i>	73
Fotografía N° 4 <i>Excavación y obtención de muestra - calicata 04</i>	73
Fotografía N° 5 <i>Excavación y obtención de muestra calicata - 05</i>	74
Fotografía N° 6 <i>Tamizado mecánico de las muestras</i>	80

Fotografía N° 7 Colocación de capsulas en el horno para humedad.....	81
Fotografía N° 8 Proceso de ensayo de LL para las calicatas	83
Fotografía N° 9 Procedimientos del ensayo de límite plástico.....	84
Fotografía N° 10 Procedimientos de ensayo Proctor modificado	87
Fotografía N° 11 Preparación y compactación de las muestras	89
Fotografía N° 12 Dosificación de las muestras con cemento IP, Proes y Con-Aid.	90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Datos de investigaciones para porcentaje de dosificación	13
Tabla 2 Clasificación de material subrasante para carreteras	15
Tabla 3 Agrupación de suelos de acuerdo al Índice de Grupo.....	18
Tabla 4 Clasificación del suelo según SUCS.....	19
Tabla 5 Clasificación de tamices con malla cuadrada	26
Tabla 6 Categoría de tamices recomendadas	26
Tabla 7 Clasificación de suelos según índice de plasticidad.....	31
Tabla 8 Características de la prueba Proctor modificado	35
Tabla 9 Categoría de Subrasante.....	36
Tabla 10 Clasificación de la subrasante y base.....	36
Tabla 11 Consistencia del suelo y resistencia a la compresión en arcillas.....	38
Tabla 12 Rango de cemento necesario para la estabilización del Suelo.....	41
Tabla 13 Enfoque referencial para seleccionar el tipo de estabilizador.....	46
Tabla 14 Orientación complementaria para la selección del tipo de estabilizador.....	47
Tabla 15 Coordenadas UTM de las calicatas.....	62
Tabla 16 Resultados preliminares de granulometría y límites de Atterberg	63
Tabla 17 Cuadro de Variables	65
Tabla 18 Factores del DOE	74
Tabla 19 Niveles del DOE.....	75
Tabla 20 Lista de tratamientos	75
Tabla 21 Efectos principales e interacciones mediante análisis estadístico	76
Tabla 22 Lista de tratamientos con replicas	77
Tabla 23 Clasificación del suelo de las calicatas según el método SUCS	92
Tabla 24 Clasificación del suelo por método AASHTO de las calicatas.....	93

Tabla 25 <i>Distribución granulométrica de cada calicata</i>	94
Tabla 26 <i>Resumen de la clasificación del suelo de cada calicata</i>	94
Tabla 27 <i>Resumen de agrupación de suelo</i>	94
Tabla 28 <i>Resumen de resultados alcanzados con el suelo natural</i>	95
Tabla 29 <i>Resultados de ensayo de límites de Atterberg con cada aditivo</i>	95
Tabla 30 <i>Resultados del ensayo Proctor modificado con cada aditivo</i>	99
Tabla 31 <i>Resultados del ensayo de expansión con cada aditivo</i>	100
Tabla 32 <i>Resultados del ensayo CBR con cada aditivo</i>	101
Tabla 33 <i>Resultados del ensayo de compresión simple con cada aditivo</i>	102
Tabla 34 <i>Resultados del ensayo de límites de Atterberg con aditivos combinados</i>	103
Tabla 35 <i>Resultados del ensayo de Proctor modificado con aditivos combinados</i>	103
Tabla 36 <i>Resultados del ensayo de expansión con aditivos combinados</i>	104
Tabla 37 <i>Resultados del ensayo CBR con aditivos combinados</i>	105
Tabla 38 <i>Resultados del ensayo de compresión simple con aditivos combinados</i>	105
Tabla 39 <i>Resumen estadístico del modelo de regresión para el análisis de límite líquido</i> ...	106
Tabla 40 <i>Análisis de varianza del modelo de regresión para el límite líquido</i>	106
Tabla 41 <i>Resumen estadístico del modelo de regresión para el análisis de límite plástico</i> ..	111
Tabla 42 <i>Análisis de varianza del modelo de regresión para el límite plástico</i>	112
Tabla 43 <i>Resumen estadístico del modelo de regresión para el análisis del índice de plasticidad</i>	116
Tabla 44 <i>Análisis de varianza del modelo de regresión para el índice de plasticidad</i>	117
Tabla 45 <i>Resumen estadístico del modelo de regresión para el análisis de la densidad máxima seca</i>	121
Tabla 46 <i>Análisis de varianza del modelo de regresión para la densidad máxima seca</i>	122
Tabla 47 <i>Resumen estadístico del modelo de regresión para el análisis de humedad óptima</i>	126
Tabla 48 <i>Análisis de varianza del modelo de regresión para la humedad óptima</i>	127
Tabla 49 <i>Resumen estadístico del modelo de regresión para el análisis de CBR</i>	131
Tabla 50 <i>Análisis de varianza del modelo de regresión para CBR</i>	132
Tabla 51 <i>Resumen estadístico del modelo de regresión para el análisis de compresión no confinada</i>	136
Tabla 52 <i>Análisis de varianza del modelo de regresión para compresión no confinada</i>	137

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama N° 1 <i>Procedimientos para el ensayo granulométrico</i>	79
Diagrama N° 2 <i>Procedimiento para el ensayo de contenido de humedad</i>	81
Diagrama N° 3 <i>Procedimiento para el ensayo límite líquido</i>	82
Diagrama N° 4 <i>Procedimiento para el ensayo límite plástico</i>	84
Diagrama N° 5 <i>Procedimiento para el ensayo Proctor modificado</i>	86
Diagrama N° 6 <i>Procedimientos para el ensayo CBR</i>	88
Diagrama N° 7 <i>Procedimiento para el ensayo compresión no confinada</i>	90

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

La infraestructura vial constituye una pieza clave para el crecimiento económico y la inclusión social de los países, al facilitar el desplazamiento eficiente de bienes y ciudadanos, así como el acceso a servicios básicos como salud, educación y empleo. Una red vial eficiente contribuye directamente a la integración territorial, reduce los costos logísticos y mejora la competitividad de los sectores productivos, especialmente en regiones con alto potencial económico pero limitada conectividad.

Pese a los avances en conectividad regional, la región latinoamericana aún presenta una marcada brecha en infraestructura vial. Esta situación, advertida por organismos internacionales, se manifiesta principalmente en la baja proporción de caminos pavimentados, sobre todo en áreas rurales. Como consecuencia, se generan limitaciones que afectan la movilidad efectiva de bienes y usuarios, lo cual repercute negativamente en la integración territorial, la productividad regional y el crecimiento económico con enfoque sostenible.

En el caso del Perú, esta problemática es igualmente evidente. Según el diagnóstico más reciente del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC), publicado por MTC con corte al 31 de diciembre de 2024 (Clasificador de Rutas D.S. 011-2016-MTC), la red vial nacional cuenta con 175,853.4 kilómetros de vías, de los cuales solo 34,007 km (19.34%) se encuentran pavimentados, mientras que el 80.66% permanece sin pavimentar. Esta situación se agrava en los tramos de jurisdicción departamental y vecinal.

Particularmente en el departamento del Cusco, se registra una longitud vial total de 17,577.1 kilómetros, de los cuales únicamente 2,826.1 km (16.07%) cuentan con superficie pavimentada. La red vecinal representa el mayor porcentaje con 12,812.7 km, de los cuales más del 97% se encuentra en condición no pavimentada. Estas limitaciones se traducen en múltiples dificultades operativas, como el rápido deterioro de la vía, generación de polvo, presencia de baches, deformaciones, ahuellamientos y daños frecuentes en los neumáticos de los vehículos.

Ante esta situación, diversas investigaciones se han orientado a identificar técnicas de estabilización que mejoren las características estructurales y de resistencia de los suelos analizados en carreteras no pavimentadas. En esta línea, la presente investigación tiene como objetivo principal comparar la influencia que ejercen los aditivos Proes y Con-Aid sobre la capacidad portante de un suelo arcilloso de baja plasticidad, mediante pruebas experimentales

desarrolladas en el laboratorio con especímenes recolectados en el tramo Agua Buena y Huilcarpay, ubicado en el distrito de San Sebastián, Cusco. Los resultados obtenidos permitirán evaluar su aplicabilidad como alternativa de mejoramiento de subrasantes en proyectos de infraestructura vial rural.

1.1 Planteamiento del problema

Esta investigación se origina a partir de una problemática que enfrentan muchas carreteras rurales o vecinales, la falta de una estructura pavimentada. La mayoría de estas vías están compuestas únicamente por tierra de canteras o terreno natural, lo que afecta su durabilidad y funcionalidad.

En muchas comunidades rurales y zonas apartadas, las vías no pavimentadas son la única conexión con escuelas, centros de salud, mercados y otros servicios esenciales, pero el mal estado de estas vías, especialmente aquellas con una subrasante deficiente, genera múltiples efectos negativos tanto en el entorno como en el nivel de vida de los pobladores. Uno de los principales inconvenientes es la emisión constante de polvo debido al tránsito sobre superficies sueltas y sin tratamiento. Este polvo no solo afecta la salud respiratoria de quienes habitan o circulan por estas zonas, sino que también perjudica las actividades agrícolas, contamina fuentes hídricas y reduce la visibilidad durante la conducción, incrementando así el riesgo de accidentes. En la temporada de lluvias, estas vías se deterioran con rapidez, generando condiciones de barro y superficies resbalosas que las vuelven intransitables, afectando la circulación de cargas y el desplazamiento de la población, lo que acentúa las brechas entre espacios urbanos y del ámbito rural. Además, la falta de capacidad portante y la irregularidad de las carreteras causan daños frecuentes en los vehículos, afectando principalmente los neumáticos y los sistemas de suspensión, lo que incrementa los costos de mantenimiento. A ello se suma la necesidad de recurrir a canteras para obtener material de mejor calidad, lo cual implica gastos elevados y genera un impacto ambiental considerable. En este contexto, y considerando las restricciones económicas de muchas comunidades rurales, se hace evidente la necesidad de aplicar soluciones técnicas sostenibles que mejoren las condiciones del suelo subrasante y disminuyan las consecuencias adversas para la salud, el transporte y la economía local.

Una de las formas más comunes de enfrentar estos problemas ha sido la utilización de estabilizantes como la cal o cemento. Pero estas soluciones no siempre funcionan bien en todos los terrenos, y muchas veces resultan costosas o poco sostenibles. Por eso, durante los años

recientes, se han propuesto soluciones alternativas: Proes y Conaid, dos aditivos químicos que prometen mejorar las condiciones del suelo, hacerlo más firme y duradero, y así reducir el deterioro de las vías.

Aunque sus beneficios suenan prometedores, en la práctica todavía se sabe poco sobre qué tan efectivos son especialmente en suelos arcillosos de baja plasticidad como los que se encuentran en muchas subrasantes de caminos rurales. ¿Realmente aumentan la capacidad del suelo para soportar el tránsito? ¿Qué tanto mejoran el Índice CBR, que es una medida clave para saber si un suelo sirve para construir sobre él?

Esta investigación busca responder esas preguntas. La idea es probar qué tanto influye el uso de Proes, Conaid y la combinación de estas en la calidad del suelo, generar evidencia técnica confiable, y aportar una alternativa útil y realista para mejorar las vías no pavimentadas. Con mejores caminos, se mejora también la vida diaria de muchas personas que hoy enfrentan dificultades simplemente para llegar a sus destinos.

El estudio propuso abordar esta situación utilizando como área de prueba el camino que conecta Agua Buena con la comunidad de Huilcarpay. El principal objetivo es demostrar el impacto de los aditivos estabilizadores, logrando así una categoría de subrasante buena en el terreno analizado y sometido a tránsito vehicular.

Desde una perspectiva general, la estabilización de los suelos constituye un factor crítico en cualquier proyecto de infraestructura civil, sobre todo en zonas donde las condiciones del terreno no son las mejores. En muchos casos, los suelos naturales presentan características físicas y mecánicas inadecuadas, tienen poca capacidad de soporte, son muy plásticos o tienden a expandirse y contraerse fácilmente, lo que compromete negativamente la resistencia y el tiempo de servicio de las obras. Tradicionalmente, se ha recurrido a métodos mecánicos y a través del empleo de elementos como la cal o el cemento para mejorar las propiedades del terreno; sin embargo, estas soluciones no siempre son sostenibles ni efectivas en todos los contextos.

En este sentido, la utilización de aditivos alternativos para la consolidación de suelos ha emergido como una opción innovadora, ofreciendo incrementos notables en la resistencia y cohesión del suelo mediante reacciones fisicoquímicas que alteran su estructura interna. A pesar de su potencial, la implementación de estos aditivos aún enfrenta limitaciones en cuanto a conocimiento técnico, adaptación a distintos tipos de suelo, y evaluación de su impacto ambiental y económico a largo plazo.

Ante estas problemáticas, surge la necesidad de investigar la eficacia de respecto a diversos estabilizantes de suelos específicos, analizando sus impactos en las propiedades como la resistencia al corte, la compactación y la durabilidad. Esta investigación busca aportar evidencia técnica que facilite el proceso de elección de alternativas en el desarrollo de obras civiles, optimizando el uso de estos materiales de acuerdo con las particularidades de los suelos y según las exigencias específicas del diseño vial.

1.2 Formulación de Problemas

1.2.1 Problema General

P.G.¿Cuál es la influencia individual y la interacción de los aditivos estabilizadores en el índice California Bearing Ratio de suelos arcillosos de baja plasticidad de la subrasante de las vías no pavimentadas, Cusco - 2024?

1.2.2 Problemas Específicos

P.E.01 ¿Cuál es la influencia de los aditivos Proes, Con-Aid y cemento IP, así como su interacción, en el índice de plasticidad de suelos arcillosos de baja plasticidad de la subrasante de las vías no pavimentadas, Cusco-2024?

P.E.02 ¿Cuál es la influencia de los aditivos Proes, Con-Aid y cemento IP, así como su interacción, en la densidad seca máxima de suelos arcillosos de baja plasticidad de la subrasante de las vías no pavimentadas, Cusco-2024?

P.E.03 ¿Cuál será el valor del CBR tanto para el suelo natural como para las dosificaciones con los aditivos Proes, Con-Aid y cemento IP, así como su interacción, de suelos arcillosos de baja plasticidad de la subrasante de las vías no pavimentadas, Cusco-2024?

1.3 Justificación

1.3.1 Conveniencia

Esta investigación es conveniente porque busca comprobar si realmente estos aditivos funcionan en suelos locales y si pueden aplicarse en la construcción de carreteras de manera práctica y económica. Si se logra demostrar su efectividad, los resultados podrían ayudar a que ingenieros y autoridades tomen decisiones más acertadas, mejorando la calidad de las obras y prolongando la vida útil de las vías. Además, se podría reducir el uso excesivo de materiales tradicionales como el cemento, lo que también beneficiaría al medio ambiente.

En definitiva, este estudio no solo se limita al ámbito técnico, sino que integra también aspectos relacionados con lo social y lo económico, ofreciendo soluciones concretas para un

problema que afecta a miles de personas cada día, como es el mal estado de nuestras carreteras por la inestabilidad del suelo.

1.3.2 Relevancia social

Numerosas carreteras de nuestro país tienen un suelo que no supera los estándares básicos necesarios para proporcionar comodidad y seguridad. Esta es la situación de algunas carreteras sin asfaltar en el distrito de San Sebastián, que cuenta con suelos arcilloso-limosos.

Existen suelos limo-arcillosos, de los que se tomarán muestras para su análisis con el fin de conocer en qué medida los aditivos antes mencionados pueden mejorar las propiedades. utilización de los aditivos antes indicados.

1.3.3 Implicancias prácticas

Los hallazgos obtenidos en este estudio podrían representar de gran utilidad para proyectos de ingeniería civil en zonas rurales o con suelos de baja calidad. Identificar el aditivo o la combinación de aditivos que mejoran significativamente las propiedades del suelo permitirá tomar decisiones más eficientes y sostenibles al momento de estabilizar terrenos. Esto puede traducirse en carreteras más duraderas, reducción de costos de mantenimiento y una mayor seguridad en las obras. Además, el uso de combinaciones de aditivos podría abrir nuevas alternativas técnicas adaptadas a distintas condiciones geotécnicas, sobre todo en entornos con escasa disponibilidad de recursos.

1.3.4 Valor teórico

Este trabajo aporta al conocimiento teórico sobre la consolidación de suelos por medio del uso de los aditivos a1, a2 y a3, al analizar cómo estos aditivos mejoran propiedades geotécnicas como la resistencia, plasticidad y capacidad de soporte del suelo. Además, permiten comprender los procesos físico-químicos que ocurren durante la estabilización, y ofrecen una base científica para su aplicación en campo. La investigación también refuerza teorías existentes y proporciona información útil para futuras investigaciones y proyectos de ingeniería civil.

1.3.5 Utilidad de la metodología

La investigación aporta utilidad metodológica al desarrollar un enfoque práctico y replicable para evaluar la eficacia de aditivos químicos para la consolidación de suelos. A través del diseño experimental, el análisis comparativo de características mecánicas del suelo, como la resistencia al corte, la densidad seca máxima y el índice CBR y la aplicación de

ensayos estandarizados, se construye una base técnica sólida que puede ser empleada por futuros investigadores o profesionales del área.

Además, la metodología propuesta permite adaptarse a distintos tipos de suelo y condiciones locales, lo que le otorga versatilidad y aplicabilidad en diversos contextos geotécnicos. Esta estructura investigativa facilita la generación de datos comparativos que pueden ser utilizados para validar o refutar el uso de distintos aditivos en función de su comportamiento y eficiencia.

Por tanto, esta investigación no solo aporta resultados específicos, sino también una guía metodológica útil para nuevas investigaciones, proyectos técnicos o evaluaciones de campo que busquen optimizar el uso de materiales alternativos en la ingeniería de suelos.

1.4 Objetivos de Investigación

1.4.1 Objetivo General

O.G. Determinar la influencia individual y la interacción de los aditivos estabilizadores en el índice California Bearing Ratio de suelos arcillosos de baja plasticidad de la subrasante de las vías no pavimentadas, Cusco – 2024.

1.4.2 Objetivos Específicos

O.E.01 Determinar la influencia de los aditivos Proes, Con-Aid y cemento IP, así como su interacción, en el índice de plasticidad de suelos arcillosos de baja plasticidad de la subrasante de las vías no pavimentadas, San Sebastián, Cusco-2024.

O.E.02 Determinar la influencia de los aditivos Proes, Con-Aid y cemento IP, así como su interacción, en la densidad seca máxima de suelos arcillosos de baja plasticidad de la subrasante de las vías no pavimentadas, Cusco-2024.

O.E.03 Determinar el CBR tanto para el suelo natural como para las dosificaciones con los aditivos Proes, Con-Aid y cemento IP, así como su interacción, de suelos arcillosos de baja plasticidad de la subrasante de las vías no pavimentadas, Cusco-2024.

1.5 Delimitación del estudio

1.5.1 Delimitación espacial

La presente tesis se realizó en el distrito de San Sebastián dentro de sus límites territoriales establecidos.

País:	Perú
Departamento:	Cusco
Provincia:	Cusco
Distrito del área de estudio:	San Sebastián
Zona:	Comunidad de Huillcarpay

1.5.2 Delimitación temporal

La presente tesis de investigación se desarrolló en el periodo 2024-2025.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Antecedentes Internacionales

Moloisane & Visser (2014), en su investigación aplicada a caminos no pavimentados, evaluó las características estructurales de un material marginal tipo grava cuarzosa intemperizado tratado con aditivos estabilizantes no tradicionales de tipo electroquímico: uno enzimático y otro a base de aceites sulfonados. El objetivo fue observar su rendimiento bajo condiciones húmedas y secas, considerando que estos caminos suelen presentar baja calidad de rodadura, intransitabilidad en épocas lluviosas y generación excesiva de polvo. Los ensayos se realizaron tanto en laboratorio como en campo durante un periodo de tres años, en paneles sometidos a tráfico de hasta 100 vehículos diarios. Se concluyó que, si bien ambos tipos de aditivos favorecieron inicialmente la compactación del suelo, el desarrollo de la resistencia y la densidad fue diferente con el paso del tiempo. Específicamente, los suelos tratados con aditivos sulfonados mostraron incrementos graduales en la densidad a los tres y ocho meses después de su aplicación, mientras que los suelos con aditivos enzimáticos experimentaron una reducción inicial, seguida de una recuperación moderada. En cuanto a la resistencia medida con ensayos DCP-CBR, ambos tratamientos alcanzaron sus valores máximos en distintos momentos (dos y cinco meses), pero luego presentaron descensos significativos, atribuibles en parte a la acción de la lluvia. De forma interesante, el suelo sin tratamiento superó en ciertas ocasiones a los tratados, lo que se relacionó con la variabilidad natural de los materiales y la limitada cantidad de ensayos realizados. Este antecedente evidencia la necesidad de considerar factores como el tiempo, el clima y el diseño experimental en estudios de estabilización con aditivos electroquímicos, como Proes y Conaid, para obtener resultados más representativos y confiables.

Zheng (2013), en su investigación realizada en la Universidad de Alberta, evaluó los efectos del aditivo iónico líquido Con-Aid sobre diferentes suelos mediante ensayos de límites de Atterberg, compactación, resistencia al corte y análisis microestructural mediante SEM. Los resultados preliminares evidenciaron que Conaid influye levemente en el límite líquido, particularmente en bentonita, y que puede aumentar marginalmente la densidad seca, aunque sin mejoras consistentes en todos los suelos. En mezclas como caolinita-bentonita (BK20), sí se observó un aumento en la resistencia al corte y ductilidad. A nivel microestructural, Conaid generó ciertos cambios en partículas de caolinita poco cristalizada y una leve floculación en montmorillonita, lo que podría explicar mejoras en la resistencia. Sin embargo, también se

reportaron disminuciones en la densidad seca y resistencia al corte en algunos casos, como en bentonita con humedad superior al óptimo. Finalmente, se destaca que aunque se identificaron efectos positivos en algunos suelos como el limo Devon, estos hallazgos requieren ser confirmados con ensayos adicionales y análisis mineralógicos complementarios como difracción de rayos X (XRD).

Vanegas (2020), en su investigación reciente validó la hipótesis de que los estabilizantes químicos como el cemento, cal y zeolita no representan un riesgo ambiental significativo, demostrando que son seguros en cuanto a toxicidad, biodegradabilidad y emisión de partículas. Además, se evidenciaron mejoras sustanciales en las propiedades del suelo, como la densificación y la resistencia mecánica, en comparación con el suelo natural. Se observó un comportamiento estable en parámetros como pH, carbono orgánico total (COT), demanda química y bioquímica de oxígeno (DQO y DBO) y la composición química general, lo cual indica que la adición de estos productos no altera negativamente la estructura del suelo desde un punto de vista ambiental. Aunque no se realizó una medición directa del material particulado generado, las pruebas de desgaste y granulometría sugieren una disminución en su producción. Sin embargo, el uso de organosilano mostró una mayor susceptibilidad a la generación de partículas, por lo que se recomienda aplicar recubrimientos superficiales para mitigar su desgaste frente al tráfico. Desde el punto de vista mecánico, los suelos tratados con cemento y zeolita fueron los que alcanzaron mayores niveles de resistencia a la compresión no confinada. En cuanto a la absorción por capilaridad, el organosilano se destacó por su baja permeabilidad, gracias a su efecto hidrofóbico, mientras que los suelos estabilizados con cemento, cal y zeolita, aunque menos eficaces en esta propiedad, presentaron los menores niveles de hinchamiento y pérdida de masa. En conclusión, se comprobó que el uso de aditivos químicos en estabilización de suelos para infraestructura vial no genera impactos ambientales significativos y puede considerarse una alternativa técnica sostenible, aunque se recomienda seguir profundizando en el análisis de sus efectos fisicoquímicos y ambientales.

2.1.2 Antecedentes Nacionales

Vidal (2023), en su tesis desarrollada en la ciudad de Huancayo, evaluó el efecto del uso de un estabilizador a base de aceite sulfonado de presentación genérica en las propiedades mecánicas de las bases granulares utilizadas en pavimentos, en la cual se consideraron ensayos de laboratorio como el Proctor Modificado y el CBR, además de mediciones en campo mediante el Deflectómetro de Impacto Liviano (LWD). Se analizaron tanto las muestras naturales como las tratadas con el aditivo en proporciones de 0.1 %, 0.5 % y 1 %, observándose

que el material sin aditivo presentó valores de CBR de 73.00 %, 75.00 % y 73.80 %, con un promedio de 73.93 %, mientras que con la adición del 1 % de aceite sulfonado se alcanzaron valores de 83.30 %, 84.03 % y 82.80 %, con un promedio de 83.37 %, lo que representa un incremento promedio del 12.77 % respecto al material natural. Los resultados demostraron que la incorporación del aceite sulfonado mejora la capacidad de soporte y el comportamiento mecánico del material granular, constituyéndose en una alternativa viable para optimizar las propiedades estructurales de las bases viales.

Guevara et al. (2023), en su investigación evaluó y comparó el desempeño de los aditivos químicos Consolid 444 y Con-Aid en el mejoramiento de suelos arcillosos utilizados como subrasante, específicamente en el contexto de proyectos viales. Las muestras de suelo fueron caracterizadas como de baja calidad para soporte estructural, clasificadas como CL según SUCS y A-7-6(17) de acuerdo con AASHTO. A través de ensayos de laboratorio, se evidenció que ambos aditivos mejoran notablemente la trabajabilidad del suelo, reduciendo su plasticidad y aumentando su capacidad de soporte (CBR), particularmente al 95 % de la máxima densidad seca. Los resultados indicaron que este aumento en el CBR fue progresivo con el tiempo de curado, alcanzando valores de hasta 52,04% con Consolid 444 y 53,60 % con Con-Aid a los 28 días, lo cual representa una mejora significativa en comparación con el suelo natural, cuyo CBR inicial fue de 5,49 %. Además, con el objetivo de optimizar la eficacia técnica y económica de los tratamientos, se estableció una matriz de dosificación de aumento gradual para ambos aditivos: en el caso de Consolid 444 se evaluaron concentraciones de 0,035 %, 0,040 %, 0,045 % y 0,050 %, mientras que para el aditivo Con-Aid se probaron volúmenes de 2,00 ml, 3,00 ml, 4,00 ml y 5,00 ml. Se concluyó que las dosificaciones mínimas de esta matriz (0,035 % y 2,00 ml) resultaron ser las más recomendadas, al lograr un aumento significativo del CBR y representar un ahorro importante para su aplicación en obras de gran envergadura. En conjunto, este estudio respalda el uso de aditivos químicos como una alternativa eficaz para estabilizar suelos arcillosos en la construcción de infraestructuras viales no pavimentadas.

Condor & Huamancayo (2024), en su investigación desarrollado en la carretera La Joya – Infierno, ubicada en la región Madre de Dios, evaluó sistemas de mejoramiento de suelos blandos mediante estabilización química, comparando técnica y económicamente los aditivos estabilizadores Proes y Consolid. Esta investigación evidenció que ambos productos mejoran significativamente el comportamiento mecánico del suelo, incrementando la resistencia al corte, la cohesión entre partículas y reduciendo vacíos de aire y agua sin necesidad de

reemplazar el suelo existente. Además, se subrayó que el uso de estos aditivos contribuye a la sostenibilidad vial, alargando la vida útil de las carreteras no pavimentadas cuando se acompaña de un mantenimiento adecuado. La investigación también incluyó el análisis del tipo de suelo presente, la aplicación de los aditivos y el diseño de un plan de mantenimiento rutinario basado en el sistema GEMA de Provías. Finalmente, se realizó una comparación de la viabilidad técnica y económica de ambos estabilizadores, considerando su desempeño en suelos de la selva y los costos de implementación y mantenimiento a lo largo de un horizonte de 10 años, concluyendo en la necesidad de optar por soluciones duraderas y adaptadas a las condiciones geográficas del país.

2.1.3 Antecedentes Locales

Tinajeros & Sanchez (2022), en su investigación realizado en el año 2022 en el tramo Sicuani - Trapiche, ubicado en la provincia de Canchis, Cusco, evaluaron la influencia de la mezcla de cemento y el aditivo químico Con-Aid en la estabilización de subrasantes de caminos vecinales. El objetivo principal fue analizar cómo estas adiciones modificaban la resistencia del suelo, utilizando un enfoque aplicado, con metodología hipotético-deductiva y diseño experimental. Los ensayos realizados demostraron mejoras sustanciales en la estabilidad del terreno, según la dosificación utilizada. Se identificaron incrementos progresivos de capacidad portante del suelo de hasta 420% con la combinación óptima de 5% de cemento y 7.5% de aditivo Con-Aid, en comparación con el suelo natural sin aditivos. Sin embargo, también se observó que, al superar esa proporción, la eficiencia de mejora comenzaba a disminuir. Este estudio resalta la efectividad técnica de la combinación cemento-Con-Aid como alternativa para reforzar subrasantes en zonas rurales de alto tránsito, contribuyendo a una infraestructura vial más resistente y duradera.

Echarri (2022), en su investigación desarrollada en el camino vecinal Chitapampa-Kallarayan-Patabamba, en Cusco (2022), evaluó el impacto del aditivo químico Proes en la estabilización del material de cantera utilizado como afirmado. El estudio, de tipo aplicado y con un diseño cuasi experimental, se centró en analizar material proveniente específicamente de la cantera, ubicada en el km 11+000 del tramo. El proceso incluyó una verificación de campo del tramo de estudio, seguido de la caracterización del suelo y la aplicación del aditivo Proes en distintas dosificaciones para observar su efecto. Los resultados demostraron mejoras notables en las propiedades físico-mecánicas del material: el límite líquido aumentó a 26.63%, el límite plástico a 22.61%, y el índice de plasticidad se redujo a 4.02%. Asimismo, la máxima densidad seca alcanzó 2.15 g/cm³, el contenido de humedad óptima disminuyó a 7.15% y la

capacidad de soporte (CBR) se incrementó hasta 128.4%. Se concluyó que la mezcla del aditivo Proes con el material de cantera –clasificado según SUCS como una grava arcillosa con mezcla de grava limosa (GC-GM)– generó una mejora significativa. De todas las combinaciones evaluadas, la dosificación más adecuada fue de 0.35 l/m³ de Proes con 35 kg/m³ de cemento Portland, cumpliendo con los requisitos mínimos establecidos para afirmado vial.

Pizarro & Huallpa (2020), en el estudio titulado “Mejoramiento de la capacidad de soporte (CBR) del terreno de fundación con la aplicación de pegamento sintético en base a poliacetato de vinilo en el distrito de San Sebastián – provincia, departamento del Cusco, 2018”, se evaluó la influencia de este aditivo químico sobre distintos tipos de suelo presentes en el tramo analizado. Los resultados evidenciaron que la aplicación del pegamento sintético mejoró significativamente la capacidad portante (CBR) de la subrasante, alcanzando valores superiores al 10% incluso en suelos con alto contenido de finos, lo que permitió clasificarlos como de calidad “buena”. Este mejoramiento se debió a la reorganización de las partículas limo-arcillosas y la formación de una mezcla homogénea y compactable. Además, se observó una reducción del espesor de pavimentos tanto flexibles como rígidos respecto al método convencional con material granular, y una disminución del costo directo de hasta 11.58%, lo cual demuestra que el uso del poliacetato de vinilo como estabilizante resulta técnica y económicamente viable para suelos de fundación en vías no pavimentadas.

Tabla 1 Datos de investigaciones para porcentaje de dosificación

N	Título de investigación	Autor	Tipo de aditivos	Tipo de suelo AASHTO	Ensayos	Dosis		Resultados
						Aditivo Líquido	Aditivo Sólido	CBR
1	Propuesta de estabilización de una arena arcillosa de mediana plasticidad analizado el CBR, óptimo contenido de humedad y densidad máxima seca utilizando cal al 2%, 4 y 6% y aceite sulfonado al 1%, 2% y 3%. Lima norte 2021	-Jordan Matheus Naupari Aparco	-Perma-Road -cal	A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6 y A-7	-Contenido de humedad -Granulometría -Límites de Atterberg -Proctor modificado -CBR	1% 2% 3%	2% 4% 6%	Aumento de 5.9% a 20.70%
2	Estabilización de subrasantes con cemento y aditivo Conaid en caminos vecinales, carretera Sicuani - Trapiche, Canchis, Cusco 2022	-Yessenia Tinajeros Martinez -Cristhian Francisco Sanchez Lima	-Conaid -Cemento	A-6 (5), A-7-5 (9)	-Contenido de humedad -Granulometría -Límites de Atterberg -Proctor modificado -CBR -Módulo de resiliencia	0.00% 2.50% 5.00% 7.50%	0.00% 1.00% 3.00% 5.00%	Aumento de 5.05% a 55.55%
3	Suelos arcillosos mejorados con Cemento y Aditivo Con-Aid, para la estabilización de la subrasante, camino vecinal Ruta PA-701, Pasco, 2018	-Cairo Venjamín, Ventura Martel -Adilio Luis, Alarcón Mestanza	-Conaid -Cemento	A-7-5 (11)	-Contenido de humedad -Granulometría -Límites de Atterberg -Proctor modificado -CBR	0.007lts.	6.00% 7.20% 8.40%	Aumento de 7.8% a 12.7%
4	Influencia del cemento y aditivo con-aid sobre las propiedades físico mecánicas de la subrasante en la avenida industrial, Puno 2022.	-Barra Mollocondo, Christian Nikolay -Calsin Apaza, Jenner Carlos	-Conaid -Cemento	A-7-6 (23)	-Contenido de humedad -Granulometría -Límites de Atterberg -Proctor modificado -CBR	3.00%	6.00% 7.20% 8.40%	Aumento de 4.8% a 208.33%
5	Influencia del aditivo Proes en la estabilización del material de cantera como afirmado del camino vecinal Chitapampa-Kallarayan Patabamba, Cusco - 2022	-Licelli Echarri Zambrano	-Proes -Cemento	A-1-A	-Contenido de humedad -Granulometría -Límites de Atterberg -Proctor modificado -CBR	0.30 l/m3 0.35 l/m3	35 kg/m3	Aumento de 41% a 128.40%
6	Influencia del aditivo proes en la capacidad de soporte para el mejoramiento de subrasante del tramo Chiriaco - Mesones Muro, provincia de Bagua, distrito de Imaza	Yaneth Antia Yaun Díaz	Proes Cemento	A-4, A-6, A-6, A-7-5	-Límites de Atterberg -Proctor modificado -CBR	0.22 l/m3 0.26 l/m3 0.30 l/m3 0.34 l/m3	50 kg/m3 51 kg/m3	Aumento de 6.35% a 57.03%
7	Aplicación de aditivos químicos para la estabilización de suelos en el sector de Yumpe - Huayllacayan - Áncash, 2019	-Carlos Ventocilla, Lucy Yesenia	-Proes -Eco Road 2000 -Terasil -Cemento	A-7-6	-Contenido de humedad -Granulometría -Límites de Atterberg -Proctor modificado -CBR	0.35 l/m3 0.60 l/m3 1.40 l/m3	40 kg/m3	Aumento de 9.7% a 105.30%
8	Aplicación de los aditivos Proes y Conaid para mejorar la capacidad de soporte (cbr) de la subrasante en la vía de acceso al C.P. Baraza, Laredo, La Libertad - 2018	Br. Carranza Ortiz, Antonella Lizbeth Br. Fernandez Lojas, Delia Carolina del Milagro	-Proes -Conaid -Cemento	A-6 (9), A-7-6 (15), A-6 (5) Y A-6 (7)	-Límites de Atterberg -Proctor modificado -CBR -Compresión Simple	0.35 l/m3 0.30 l/m3 0.05 l/m3	50 kg/m3	Aumento de 3% a 70%
9	Estudio Comparativo empleando el aditivo Proes y Consolid para la estabilización de suelos en caminos vecinales, 2018	Chávez Pajuelo Rafael Antonio	-Proes -Consolid -Cemento	A-4 (2), A-6 (4), A-6-3 (26) Y A-4 (0)	-Contenido de humedad -Granulometría -Límites de Atterberg -Proctor modificado -CBR	0.35 l/m3 0.30 l/m3	50 kg/m3	Aumento de 3.80% a 45.70%
10	Estabilización de Suelos con Aditivo Proes, Caso: Centro Poblado Aurora Alta, 2021	Enciso Huamán, Hubert Flores del Villar, James Hamilton	-Proes -Cemento	A-5 y A-7	-Contenido de humedad -Granulometría -Límites de Atterberg -Proctor modificado -CBR	0.30 l/m3	45 kg/m3 50 kg/m3	Aumento de 7.59% a 68.27%
11	Research on Mechanism of Stabilized Soil Mechanics Enhanced by Con-Aid Liquid Stabilizer	XinGui ZHANG, G.W.MA, T.Y.Khoon, N. P.YI and H.WU	Conaid			0.00% 0.02% 0.05%		
12	Mechanical Characteristics of Soils Treated with a Liquid Stabilizer	Dong Ming Zheng	Conaid		-Límites de Atterberg -Prueba de Proctor -Pruebas de triaxial -Compresión simple	0.00% 0.05% 0.25% 0.50% 1.00%		
13	Estudio comparativo de los aditivos químicos Consolid 444 y Con-aid para el mejoramiento de la subrasante en suelos arcillosos	Bach. Junior Jeampier Guevara Camus Bach. Jaime Villalobos Banda	consolid 444 conaid	A-7-6 (17)	-Límites de Atterberg -Proctor modificado -CBR	0.035% 2ml		Aumento de 5.49% a 28.65%
14	Efecto de la adición de estabilizantes con activos de aceites sulfonados, en las propiedades mecánicas de bases granulares, Huancayo 2022	Bach. Luz Clarita Vidal Rojas	Aceites sulfonados	A-1-a	-Límites de Atterberg -Proctor modificado -CBR	0.10% 0.50% 1.00%		Aumento de 32.60% a 45.56%
15	Estabilización de la subrasante con aceite sulfonado para la Carretera Departamental Ruta PI- 114 Emp. PE-1N (El Alto-Talara) - Emp. PI-105 (Parñas), km:08+000.00 - 09+000.00, Talara - Piura, 2019	Br. Lalangue Cordova Oscar Elmer	Aceites sulfonados	A-7-5 y A-7-6	-Límites de Atterberg -Proctor modificado -CBR	0.2L 0.3L 0.4L 0.5L	1.50%	incremento de 131.58%
16	Influencia del cemento IP y el aditivo CON-AID sobre las propiedades físico mecánicas de la subrasante en la carretera Huata - Yasin, Puno 2021	David Robingson Cardeña Justo Jhonatan Condori Sonco	Cemento Conaid	A-7-6 (23)	-Límites de Atterberg -Proctor modificado -CBR	2% 3% 4%	1% 3% 5%	Aumento de 4.9% a 95%

Fuente: Elaboración propia con base en la revisión de diversos autores.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Suelo

Das (2013) define al suelo como:

El suelo es una mezcla compleja formada por partículas minerales, materia orgánica en descomposición, además de contener líquidos y gases que ocupan sus poros o espacios vacíos. En la mayoría de las obras de ingeniería civil, el suelo desempeña un papel fundamental, ya sea como material de construcción o como base que sostiene las estructuras. Por esta razón, es indispensable que los ingenieros civiles comprendan bien sus características, tales como el origen, la textura, la capacidad de drenaje, la resistencia a la compresión y al corte, así como su capacidad de soporte (p. 1).

A continuación, se muestran los diferentes tamaños de partícula de suelos que se puede observar:

2.2.1.1 Grava

Según la clasificación SUCS, se consideran gravas aquellas partículas que pasan por el tamiz de 3" (76.2 mm) y son retenidas en el tamiz N° 4 (4.75 mm). Las gravas cubren amplias áreas, aunque generalmente se presentan junto a diferentes cantidades de cantos rodados, arena, limo y arcilla.

Según la clasificación de AASHTO, se consideran gravas aquellas partículas que pasan por el tamiz de 75 mm y son retenidas en el tamiz N° 10 (2 mm). Las propiedades de las gravas están determinadas por su historia de formación, presentándose tanto en forma de partículas redondeadas como de poliedros(Das, 2013).

2.2.1.2 Arena

Según la clasificación SUCS, se consideran arenas aquellas partículas que pasan el tamiz N° 4 (4.75 mm) y son retenidas en el tamiz N° 200 (0.075 mm). Estas corresponden a materiales de grano fino que se originan por la descomposición natural de las rocas a causa de la erosión o mediante procesos de trituración artificial.

Según la clasificación de AASHTO, se consideran arenas aquellas partículas que pasan el tamiz N° 10 (2 mm) y son retenidas en el tamiz N° 200 (0.075mm), las cuales presentan una compresibilidad baja; esto significa que, al someterlas a una carga, tienden a compactarse de manera rápida y casi inmediata(Das, 2013).

2.2.1.3 Finos (Limo y Arcilla)

Los limos son materiales de grano fino que se caracterizan por presentar muy baja o nula plasticidad. Según las clasificaciones SUCS y AASHTO, corresponden a partículas que pasan el tamiz N° 200 (0.075 mm). La arcilla y el limo pueden ser similares en cuanto a tamaño de partícula, pero su comportamiento mecánico es diferente, ya que no poseen la misma cohesión ni capacidad de moldeado (Das, 2013).

2.2.2 Sistema de clasificación AASHTO

El sistema de clasificación AASHTO, que se sigue utilizando en la actualidad, organiza los suelos en siete grupos principales, identificados como A-1 hasta A-7. Esta clasificación ayuda a entender mejor el tipo de suelo y su comportamiento en obras viales. Por ejemplo, los suelos que pertenecen a los grupos A-1, A-2 y A-3 se consideran materiales granulares, ya que no más del 35% de sus partículas pasa por el tamiz número 200 (que permite identificar las fracciones más finas del suelo). En cambio, cuando más del 35% del material sí atraviesa ese tamiz, el suelo se clasifica dentro de los grupos A-4 al A-7, lo que indica una mayor cantidad de partículas finas como limos o arcillas, las cuales pueden afectar su comportamiento estructural. (Das, 2013).

Tabla 2 Clasificación de material subrasante para carreteras

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos del total de la muestra pasada por el núm. 200)						
	A-1			A-2			
Grupo de clasificación	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Análisis de tamiz (porcentaje de paso)							
Núm. 10	50 máx.						
Núm. 40	30 máx.	50 máx.	51 mín.				
Núm. 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.
Características de la fracción de paso núm. 40							
Límite líquido				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	6 máx.		NP	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Tipos comunes de materiales significativos constituyentes	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Limo o grava arcillosa y arena			
Clasificación general de la subrasante	Excelente a bueno						

Nota. Continúa en la página siguiente.

Clasificación general Materiales granulares (35% o menos del total de la muestra pasada por el núm. 200)

	A-4	A-5	A-6	A-7
Grupo de clasificación				A-7-5*
Análisis de tamiz (porcentaje de paso)				A-7-6†
Núm. 10				
Núm. 40				
Núm. 200	36 ním.	36 ním.	36 ním.	36 ním.
Características de la fracción de paso núm. 40				
Límite líquido	40 máx.	41 ním.	40 máx.	41 ním.
Índice de plasticidad	10 máx.	10 máx.	11 ním.	11 ním.
Tipos comunes de materiales significativos constituyentes		Suelos limosos	Suelos arcillosos	
Clasificación general de la subrasante		Regular a malo		

*Para A-7-5, $PI \leq LL - 30$
†Para A-7-6, $PI > LL - 30$

Nota. la tabla fue extraída del sistema de clasificación de AASHTO. Fuente: Das(2013)

Según Das (2013), el sistema de clasificación de suelos se basa en tres criterios fundamentales:

1. Plasticidad del suelo:

- Cuando las partículas más finas del suelo tienen un índice de plasticidad (IP) igual o inferior a 10, se considera que el suelo tiene características limosas.
- Si el IP es de 11 o más, entonces se consideran arcillosas, lo que implica un comportamiento más plástico del suelo.

2. Presencia de fragmentos gruesos:

- Si al tomar muestras de suelo se encuentran fragmentos grandes, como cantos rodados o guijarros (es decir, materiales que superan los 75 mm de tamaño), estos no se incorporan en la porción que se analiza para la clasificación del suelo. Sin embargo, es importante anotar qué porcentaje representan, ya que su presencia ayuda a entender mejor la composición general del terreno.

Según Das (2013), al clasificar un suelo correctamente, se utilizan los resultados de los ensayos de laboratorio y se comparan con los criterios establecidos en la tabla correspondiente (tabla N°2), revisando de izquierda a derecha. El suelo se asigna al primer grupo que coincida con las características observadas.

Además, la figura N°2 presenta un gráfico que ayuda a visualizar cómo se distribuyen los suelos en las categorías A-2, A-4, A-5, A-6 y A-7, en función del límite líquido y el índice de plasticidad.

Por otro lado, para saber si un suelo es apto como subrasante en una carretera, se utiliza el Índice de Grupo (IG). Este valor acompaña la clasificación principal entre paréntesis y ofrece una evaluación más detallada de su calidad para ese propósito específico (Das, 2013).

Según Das (2013), la siguiente ecuación proporciona el índice de grupo:

$$IG = (F - 35)[0.2 + 0.005(LL - 40)] + 0.01(F - 15)(PI - 10)$$

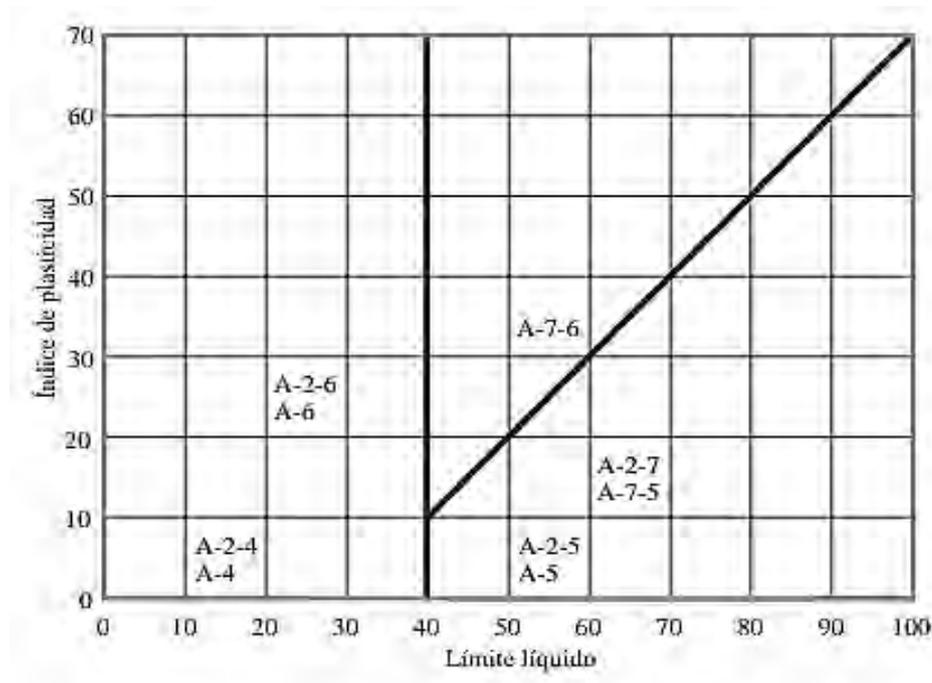
Donde:

F: Representa el porcentaje de material que pasa a través del tamiz N° 200.

LL: Corresponde al límite líquido del suelo.

PI: Hace referencia al índice de plasticidad.

Figura N° 1 Intervalo del límite líquido y el índice de plasticidad



Nota: La figura representa la clasificación del suelo según su Ll y LP para suelos A-2, A-4, A-5, A-6 y A-7. Fuente : Braja M. Das(2013).

Tabla 3 Agrupación de suelos de acuerdo al Índice de Grupo

Índice de Grupo	Suelo de Sub rasante
IG > 9	Inadecuado
IG está entre 4 a 9	Insuficiente
IG está entre 2 a 4	Regular
IG está entre 1 - 2	Bueno
IG está entre 0 - 1	Muy Bueno

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014).

2.2.3 Sistema unificado de clasificación de suelo (SUCS)

Según Das(2013), este sistema es uno de los más empleados por los ingenieros geotécnicos a nivel global y está regulado por la norma ASTM D-2487.

Este método de clasificación agrupa los suelos en dos categorías principales:

- **Suelos de grano grueso:** comprenden gravas y arenas, cuyas partículas en su estado natural tienen menos del 50% pasando por el tamiz N.º 200. Estos suelos se identifican con la letra “G” para gravas y “S” para arenas.
- **Suelos de grano fino:** son aquellos donde el 50% o más del material atraviesa el tamiz N.º 200. Dentro de esta categoría, se utiliza “M” para limos inorgánicos, “C” para arcillas inorgánicas y “O” para materiales con alto contenido orgánico (como limos y arcillas orgánicas). Para suelos muy orgánicos como turbas o lodos, se emplea el símbolo “Pt”.

Además, se usan letras adicionales para describir ciertas propiedades del suelo:

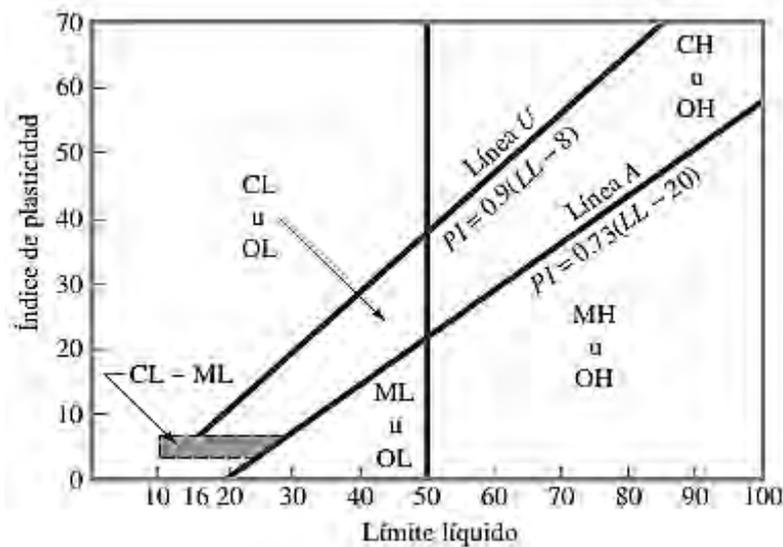
- W: bien graduado o clasificado
- P: mal graduado o de pobre clasificación
- L: baja plasticidad (cuando el límite líquido es menor a 50)
- H: alta plasticidad (cuando el límite líquido supera 50)

Tabla 4 Clasificación del suelo según SUCS

Criterio para la asignación de símbolos de grupo				Simbolos de grupo
Suelos de grano grueso Más de 50% retenido en el tamiz núm. 200	Gravas			
	Más de 50% de fracción gruesa retenida en el tamiz núm.	Gravas limpias	$C_u \geq 4$ y $1 \leq C_c \leq 3^c$	GW
		Menos de 5% finos ^a	$C_u < 4$ y/o $1 > C_c > 3^c$	GP
		Gravas limpias	$PI < 4$ o gráficos por debajo de línea "A" (figura 4.2)	GM
		Menos de 12% finos ^{a,d}	$PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea A (figura 4.2)	GC
	Arenas			
	50% o más de la fracción gruesa	Arenas limpias	$C_u \geq 6$ y $1 \leq C_c \leq 3^c$	SW
		Menos de 5% finos ^b	$C_u < 6$ y/o $1 > C_c > 3^c$	SP
		Arenas limpias	$PI < 4$ o gráficos por debajo de línea "A" (figura 4.2)	SM
		Menos de 12% finos ^{b,d}	$PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea A (figura 4.2)	SC
Suelos de grano fino 50% o más pasa a través del tamiz núm. 200	Limos y arcilla			
	Límite líquido menor que 50	Inorgánico	$PI > 7$ y gráficos por debajo de línea "A" (figura 4.2)	CL
		Orgánico	$PI < 4$ o gráficos en o por encima de línea A (figura 4.2)aa	ML
			$\frac{\text{Limite liquido: secado}}{\text{Limite liquido: no secado}} < 0.75$; vea la figura 4.2 zona OL	OL
	Limos y arcillas			
	Límite líquido 50 o más	Inorgánico	Gráficos PI en o por encima de línea "A" (figura 4.2)	CH
	Orgánico	Gráficos PI por debajo de "A" línea (figura 4.2)	MH	
		$\frac{\text{Limite liquido: secado}}{\text{Limite liquido: no secado}} < 0.75$; vea la figura 4.2 zona OH	OH	
Suelos altamente orgánicos		Materia orgánica principalmente, color oscuro y orgánico		

Nota. la tabla fue extraída del sistema unificado de clasificación de suelos. Fuente: Das (2013).

Figura N° 2 Gráfica de plasticidad



Nota. El diagrama se obtuvo del sistema de clasificación del sistema unificado de clasificación. Fuente: Das (2013).

Según Das (2013), en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), los suelos de grava de grano grueso se identifican con combinaciones de letras como GW, GP, GM, GC, GC-GM, GW-GM, GW-GC, GP-GM y GP-GC. Asimismo, los suelos de arena pertenecientes al mismo grupo de grano grueso se identifican con los símbolos SW, SP, SM, SC, SW-SM, SW-SC, SP-SM y SP-SC. En cambio, los suelos de grano fino se clasifican bajo los íconos CL, ML, OL, CH, MH, OH, CL-ML y Pt.

Para establecer el nombre de la agrupación al que pertenece un suelo en particular, se utilizan las figuras N°3, N°4 y N°5, las cuales guían en función de sus características granulométricas y de plasticidad. Al aplicar estas figuras, es importante tener presentes algunos conceptos clave sobre la composición del suelo:

- Fracción fina: se refiere al porcentaje de material que pasa por el tamiz N° 200.
- Fracción gruesa: se refiere al material retenido en ese mismo tamiz anterior.
- Fracción grava: es el material que se mantiene retenido en el tamiz N° 4.
- Fracción arena: es el material que atraviesa el tamiz N° 4 pero se mantiene retenido en el tamiz N° 200.

Comprender estas fracciones permite una clasificación más precisa del suelo, lo cual es fundamental para su adecuado uso en proyectos de ingeniería civil.

2.2.3.1 Clasificación para suelos gruesos

Figura N° 3 Diagrama de denominaciones de grava y arena

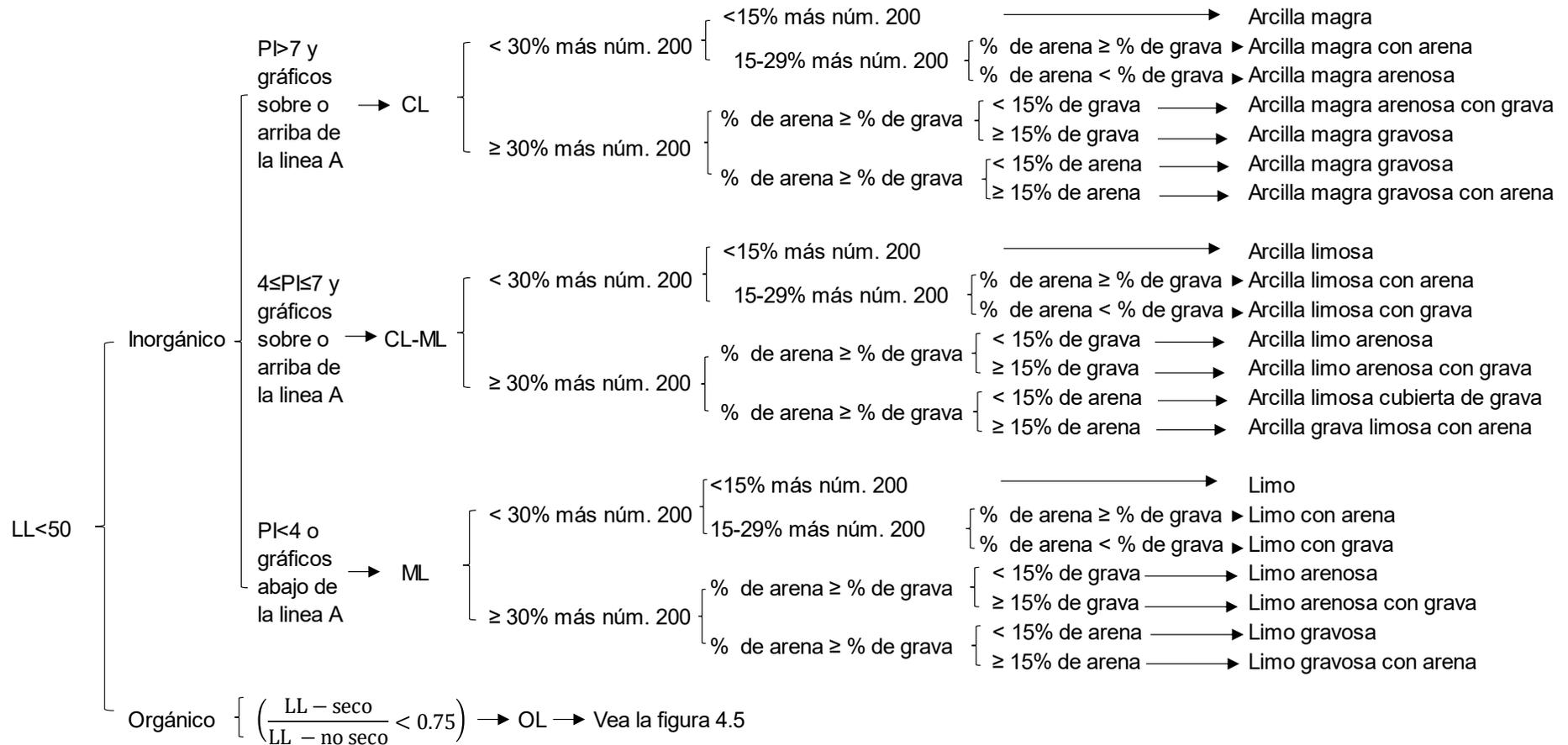
Simbolo de grupo	Nombre de grupo
GW	<15% de arena → Grava bien graduada
	≥15% de arena → Grava bien graduada con arena
GP	<15% de arena → Grava mal graduada
	≥15% de arena → Grava mal graduada con arena
GW-GM	<15% de arena → Grava bien graduada con limo
	≥15% de arena → Grava bien graduada con limo y arena
GW-GC	<15% de arena → Grava bien graduada con arcilla (o arcilla limosa)
	≥15% de arena → Grava bien graduada con arcilla y arena (o arcilla limosa y arena)
GP-GM	<15% de arena → Grava bien graduada con limo
	≥15% de arena → Grava bien graduada con limo y arena
GP-GC	<15% de arena → Grava bien graduada con arcilla (o arcilla limosa)
	≥15% de arena → Grava bien graduada con arcilla y arena (o arcilla limosa y arena)
GM	<15% de arena → Grava limosa
	≥15% de arena → Grava limosa con arena
GC	<15% de arena → Grava arcillosa
	≥15% de arena → Grava arcillosa con arena
GC-GM	<15% de arena → Grava limo arcillosa
	≥15% de arena → Grava limo arcillosa con arena
SW	<15% de grava → Arena bien graduada
	≥15% de grava → Arena bien graduada con grava
SP	<15% de grava → Arena mal graduada
	≥15% de grava → Arena mal graduada con grava
SW-SM	<15% de grava → Arena bien graduada con limo
	≥15% de grava → Arena bien graduada con limo y grava
SW-SC	<15% de grava → Arena bien graduada con arcilla(o arcilla limosa)
	≥15% de grava → Arena bien graduada con arcilla(o arcilla limosa y grava)
SP-SM	<15% de grava → Arena bien graduada con limo
	≥15% de grava → Arena bien graduada con limo y grava
SP-SC	<15% de grava → Arena bien graduada con arcilla(o arcilla limosa)
	≥15% de grava → Arena bien graduada con arcilla(o arcilla limosa y grava)
SM	<15% de arena → Grava limosa
	≥15% de arena → Grava limosa con grava
SC	<15% de arena → Grava arcillosa
	≥15% de arena → Grava arcillosa con grava
SC-SM	<15% de arena → Grava limo arcillosa
	≥15% de arena → Grava limo arcillosa con grava

Nota: El diagrama muestra denominaciones para diferentes tipos de grava y arena.

Fuente: Braja M. Das (2013).

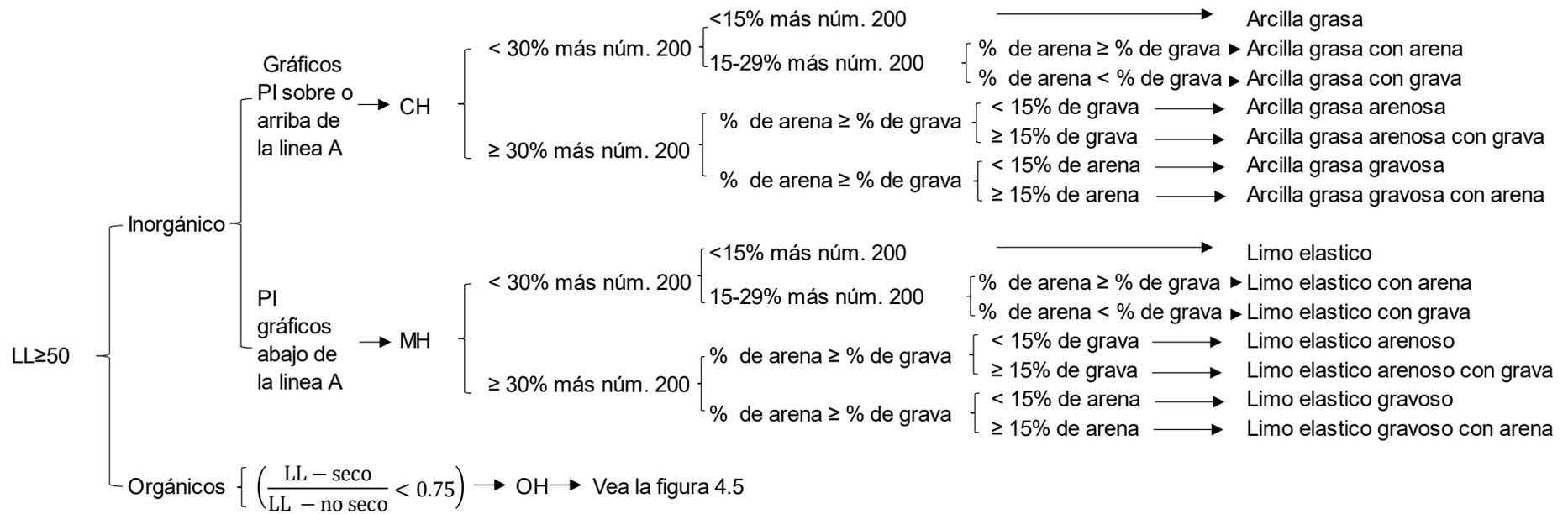
2.2.3.2 Clasificación para suelos finos

Figura N° 4 Secuencia de grupos de limo inorgánico y suelos arcillosos



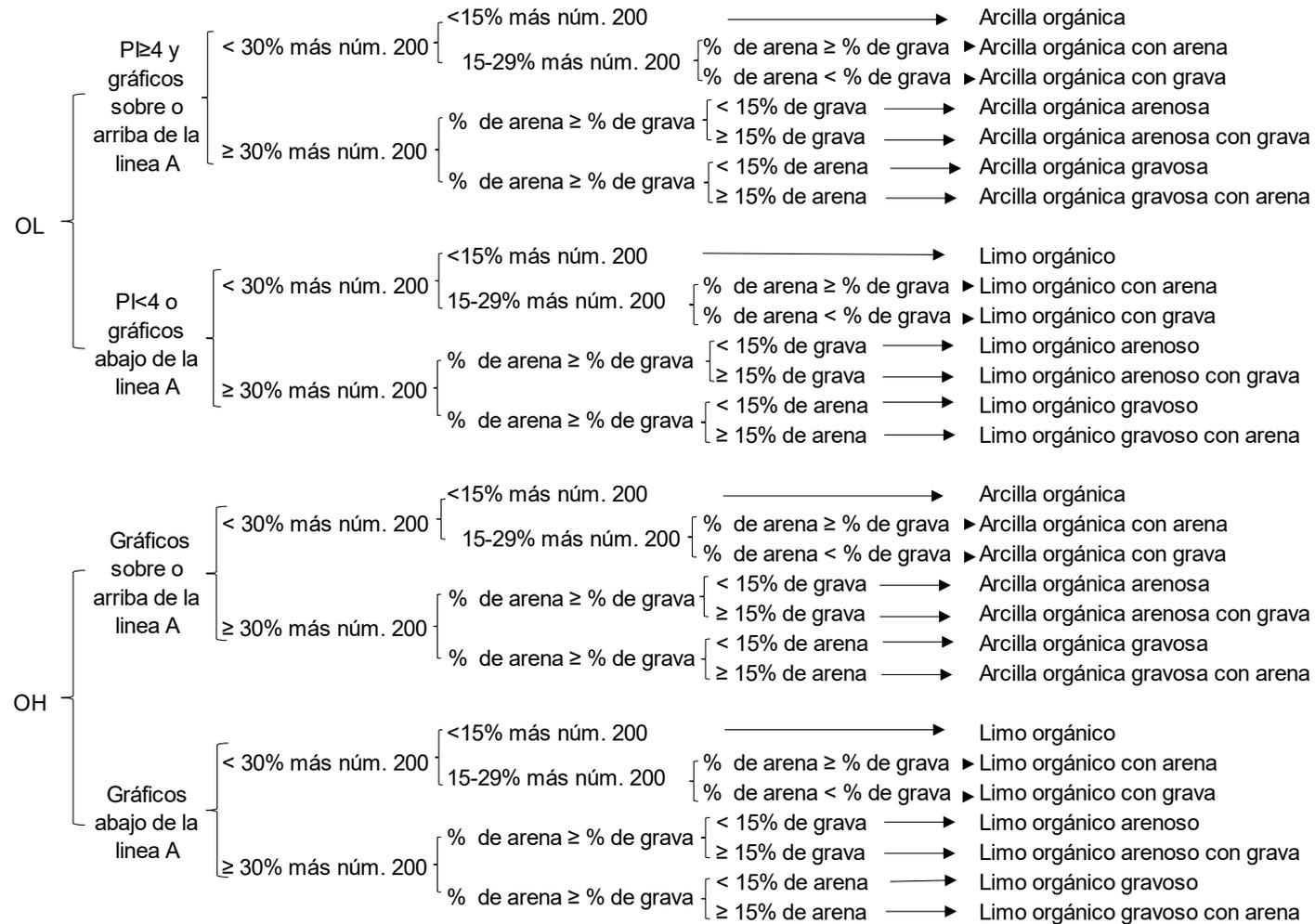
Nota: El diagrama muestra denominaciones para limo inorgánico y suelos arcillosos con LL menor a 50%. Fuente: Das (2013).

Figura N° 5 Secuencia de grupos de limo orgánico y suelos arcillosos



Nota: El diagrama muestra denominaciones para limo orgánico y suelos arcillosos con LL mayor o igual a 50%. Fuente: Braja M. Das (2013).

Figura N° 6 Secuencia de grupos de limoso orgánico y suelos arcillosos



Nota: El diagrama muestra denominaciones para limoso orgánico y suelo arcilloso. Fuente: Braja M. Das (2013).

2.2.4 Contenido de humedad

El contenido de humedad se define como la cantidad de agua que hay en una porción determinada del suelo en comparación con la cantidad total de sólidos que contiene, y se presenta en forma de porcentaje(Crespo Villalaz, 1980).

$$W = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

Donde:

W: contenido de humedad(%)

W_w : peso del agua almacenado en el suelo

W_s : peso del suelo seco

2.2.5 Granulometría

Según Crespo Villalaz (1980), indica que:

El análisis granulométrico se refiere a la determinación del porcentaje de las diferentes dimensiones de las partículas que componen el terreno. Para entender cómo está compuesto un suelo según el tamaño de sus partículas, se pueden usar distintos métodos. Cuando se trata de partículas más grandes, el tamizado es la técnica más eficaz, ya que permite separarlas fácilmente por tamaño. Sin embargo, cuando las partículas son muy finas, el tamizado ya no resulta tan práctico, y en esos casos se recurre a métodos de sedimentación. Los resultados de estos análisis se representan en un gráfico llamado curva granulométrica, que muestra visualmente cómo se distribuyen los tamaños de las partículas dentro del suelo.

2.2.5.1 Análisis granulométrico por tamizado

Según Das (2013), este procedimiento determina de forma cuantitativa cómo se distribuyen los tamaños de las partículas de suelo. El Modo Operativo detalla el proceso para calcular los porcentajes de suelo que pasan a través de los distintos tamices de la serie utilizada en el ensayo, hasta el de 74 mm (No 200)

Este procedimiento permite conocer, de manera cuantitativa, cómo están distribuidos los tamaños de las partículas que componen un suelo. El método indica paso a paso cómo calcular los porcentajes de material que atraviesan cada uno de los tamices usados durante el ensayo, hasta llegar al tamiz número 200 (de 0.074 mm)(Das, 2013).

A continuación, en la tabla 5 se muestran las categorías de tamices de malla cuadrada empleadas en la caracterización del suelo.

Tabla 5 Clasificación de tamices con malla cuadrada

TAMICES	ABERTURA(mm)
3"	75.000
2"	50.800
1 1/2"	38.100
1"	25.400
3/4"	19.000
3/8"	9.500
N°4	4.760
N°10	2.000
N°20	0.840
N°40	0.425
N°60	0.260
N°140	0.106
N°200	0.075

Nota: la tabla muestra la clasificación de medida de tamices. Fuente: Das (2013).

Tabla 6 Categoría de tamices recomendadas

TAMICES	ABERTURA(mm)
3"	75.000
1 1/2"	38.100
3/4"	19.000
3/8"	9.500
N°4	4.760
N°8	2.360
N°16	1.100
N°30	0.590
N°50	0.297
N°100	0.149
N°200	0.075

Nota: la tabla muestra la clasificación alternativa de tamices. Fuente: Das (2013).

2.2.5.2 Tamaño efectivo, coeficiente de uniformidad y coeficiente de gradación

Según Das (2013), la curva de distribución del tamaño de partículas es una herramienta útil para comparar distintos tipos de suelos. A partir de esta representación gráfica, es posible identificar tres parámetros fundamentales que permiten clasificar un suelo de manera granular:

1. Tamaño efectivo
2. Coeficiente de uniformidad
3. Coeficiente de gradación (o curvatura)

El tamaño efectivo, conocido como D₁₀, corresponde al diámetro del grano para el cual el 10% del material es más fino (es decir, ha pasado por el tamiz). Este valor se obtiene directamente de la curva granulométrica y sirve como referencia para los otros dos indicadores.

El coeficiente de uniformidad (C_u) se expresa mediante la siguiente fórmula:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

Donde:

C_u : coeficiente de uniformidad

D_{60} : diámetro superior al 60% en la curva de distribución del tamaño de la partícula.

Asimismo, el coeficiente de curvatura o de gradación (C_c) se calcula con la siguiente expresión:

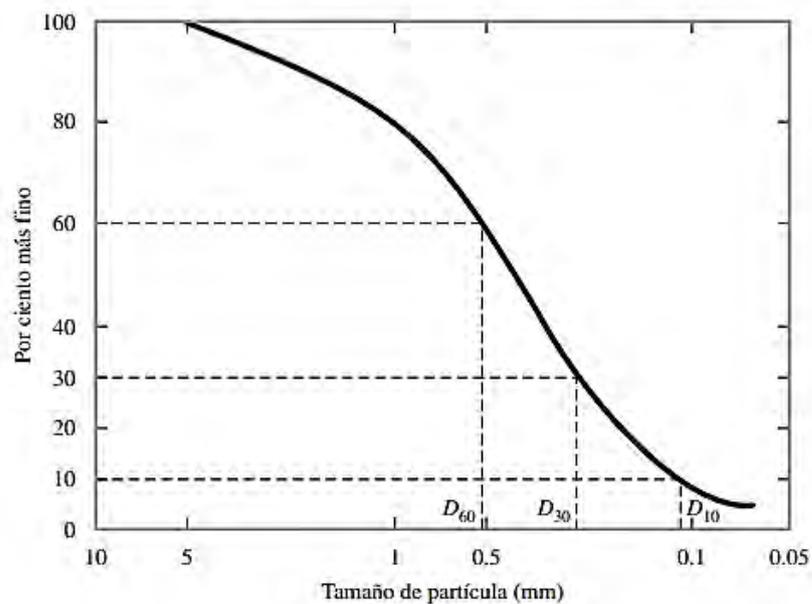
$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

Donde:

C_c : coeficiente de gradación

D_{30} : diámetro equivalente al 30% más fino

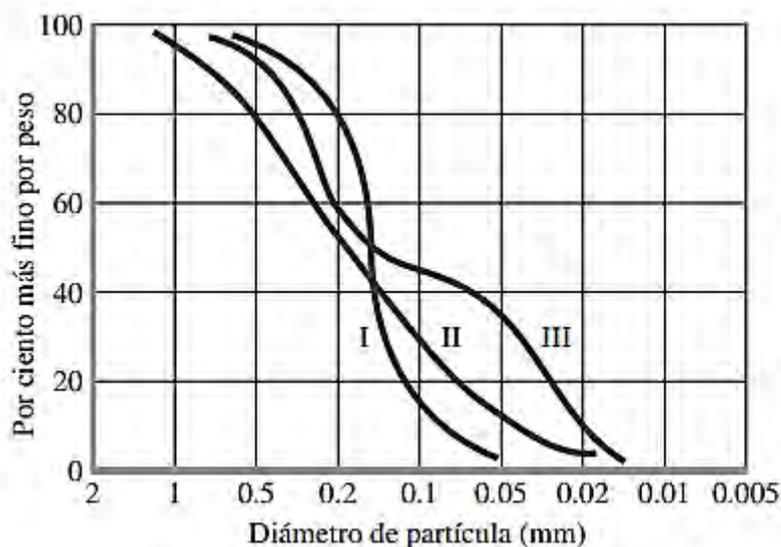
Figura N° 7 *Tamaño de partículas*



Nota: El diagrama presenta la curva de distribución del tamaño de las partículas.

Fuente: Das (2013).

Figura N° 8 Distribución del tamaño de la partícula de grano



Nota: la gráfica muestra la curva de distribución de varios tamaños de partículas.

Fuente: Das (2013).

Según Das (2013), la curva de distribución del tamaño de las partículas no solo facilita la identificación de los diferentes tamaños de partículas en un suelo, sino también la distribución de dichos tamaños. En la figura N° 8 se pueden observar tres ejemplos de curvas distintas:

- La **curva I**: representa un suelo pobremente clasificado o mal gradado, caracterizado por una distribución uniforme de tamaños de partícula.
- La **curva II**: corresponde a un suelo bien clasificado o bien gradado, con una amplia variedad de tamaños de partículas.
- La **curva III**: representa un suelo con brecha granulométrica, caracterizado por la ausencia de partículas en ciertos rangos de tamaño.

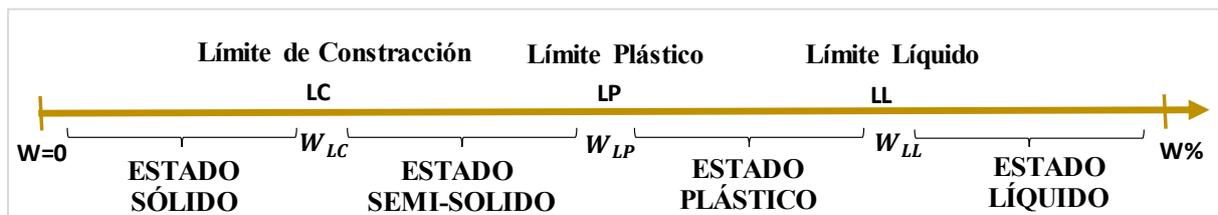
2.2.6 Plasticidad de los suelos

Según Crespo Villalaz (1980), la plasticidad es la propiedad que poseen los suelos que permite deformarse en forma continua y elástica hasta un límite sin que se quiebre. A través de esta se evalúa la conducta de los terrenos en todas las épocas. Esta singularidad está presente en las arcillas de forma oscilante. Para poder evaluar la plasticidad de un suelo se hace uso de los límites de Atterberg y por medio de ellos se distinguen los cuatro estados de consistencia de los suelos cohesivos.

Los límites de consistencia del suelo permiten identificar su comportamiento en función del contenido de humedad. Estos se determinan utilizando el material que pasa por el tamiz número 40 y ayudan a definir en qué estado se encuentra el suelo: sólido, plástico o líquido. La diferencia entre el límite líquido (LL) y el límite plástico (LP) da lugar al índice de plasticidad (IP), un valor clave para evaluar su deformabilidad. Estos parámetros dependen principalmente de la cantidad y tipo de arcilla presente en el suelo, aunque el límite plástico está más influenciado por la cantidad de arcilla, mientras que el límite líquido se ve afectado tanto por la cantidad como por el tipo. (Crespo Villalaz, 1980).

Si no es posible establecer el límite de plasticidad de un suelo, su clasificación se considera no plástica (NP), en este caso se asume que el índice plástico es igual a cero. El índice de plasticidad indica el rango de humedad en el que los suelos cohesivos presentan propiedades de un material plástico (Crespo Villalaz, 1980).

Figura N° 9 Condiciones de consistencia del suelo



Nota: distribución de la plasticidad del suelo. Fuente: Crespo Villalaz (1980).

Atterberg afirma que cuando un suelo tiene un índice plástico (IP) igual a cero, se le considera no plástico; si dicho índice es menor que 7 se clasifica como plasticidad baja; un índice plástico ubicado en los límites de 7 a 17 se asocia con plasticidad media, y por el contrario, si el índice plástico es mayor de 17 se considera plasticidad alta (Crespo Villalaz, 1980).

Según Arthur Casagrande, al contrastar suelos con un límite líquido homogéneo con un aumento en el índice de plasticidad, la compresibilidad se conserva constante, la constante de permeabilidad disminuye, la tenacidad cerca del límite plástico se eleva y también se potencia su resistencia en seco (Crespo Villalaz, 1980).

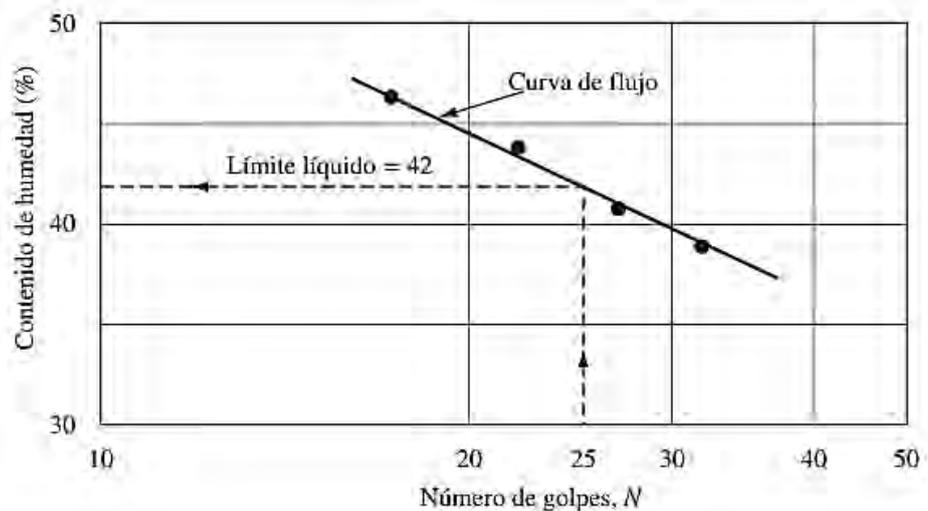
Actualmente, al comparar suelos con el mismo índice plástico con el límite líquido, la compresibilidad se incrementa, la constante de permeabilidad se incrementa y tanto la tenacidad cerca del límite plástico como la resistencia en seco se reducen (Crespo Villalaz, 1980).

2.2.6.1 Límite líquido

Crespo Villalaz (1980), define al límite líquido como el contenido de humedad, expresado en porcentaje respecto al peso seco del suelo, en el cual este cambia de un estado líquido a uno plástico. En este punto, los suelos plásticos presentan una resistencia mínima al esfuerzo cortante, la cual, según Atterberg, es de aproximadamente 25 g/cm². En esta condición, la cohesión del suelo es prácticamente nula.

El número de impactos oscila entre 6 y 35 golpes y se aconseja formar dos grupos con dos a tres contenidos de humedad, uno que oscile entre los 25 y 35 golpes y el otro entre los 6 y 20 golpes, con el objetivo de que la curva de fluidez no exceda el margen en el que se puede considerar recta (Crespo Villalaz, 1980).

Figura N° 10 Curva de flujo para la determinación del límite líquido



Fuente: Das (2013).

2.2.6.2 Límite plástico

Según Crespo Villalaz (1980), el límite plástico se refiere al contenido de humedad (en porcentaje respecto al peso seco del suelo) en el cual un suelo cohesivo pasa de un estado plástico a uno semisólido. Para determinarlo, usualmente se utiliza el material sobrante del ensayo de límite líquido, al cual se le reduce gradualmente la humedad hasta obtener una masa plástica fácil de moldear. Con esta masa se forma una pequeña esfera, que luego se intenta transformar en pequeños cilindros o filamentos sobre la palma de la mano o una superficie de vidrio, aplicando presión.

Cuando estos filamentos alcanzan un diámetro de 3.17 mm (1/8") sin deshacerse, se vuelve a formar una bola y se repite el proceso. Este ciclo continúa hasta que los filamentos se

quiebran justo al alcanzar ese diámetro. Si el suelo no logra formar filamentos a ningún nivel de humedad, se clasifica como no plástico (N.P.). Finalmente, cuando se rompen al diámetro indicado, todos los fragmentos se recogen, se pesan, se secan en horno y se vuelven a pesar para calcular el porcentaje de humedad correspondiente al límite plástico mediante la siguiente fórmula:

$$L.P. = \frac{P_h - P_s}{P_s} \times 100 = \frac{P_w}{P_s} \times 100$$

Donde:

L.P.: Es el porcentaje de humedad correspondiente al estado plástico del suelo.

P_h: Peso, en gramos, de los fragmentos de filamentos en estado húmedo.

P_s: Peso, en gramos, de los mismos fragmentos una vez secos en horno.

P_w: Cantidad de agua presente en los filamentos, expresada en gramos.

(Crespo Villalaz, 1980).

2.2.6.3 Índice de plasticidad

Según Crespo Villalaz (1980), el índice de plasticidad (I.P.) se define como la diferencia numérica entre el límite líquido y el límite plástico, y representa el rango de humedad en el que el suelo se comporta de forma plástica, según lo establecido por los ensayos correspondientes. Si bien tanto el límite líquido como el límite plástico están influenciados por la cantidad y el tipo de arcilla presente en el suelo, el índice plástico está mayormente determinado por la cantidad de arcilla que contiene el material.

Tabla 7 *Clasificación de suelos según índice de plasticidad*

Índice de Plasticidad	Plasticidad	Características
IP > 20	Alta	suelos muy arcillosos
7 < IP ≤ 20	Media	suelos arcillosos
IP < 7	Baja	suelos poco arcillosos
IP = 0	No Plástico (NP)	suelos exentos de arcilla

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014).

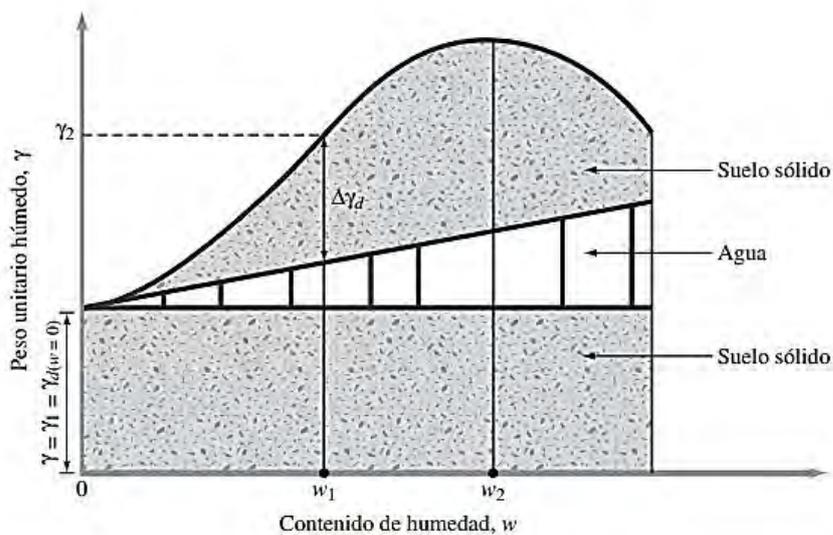
2.2.7 Compactación de suelos

Según (Das, 2013), la compactación es un proceso que consiste en mejorar la densidad del suelo eliminando el aire contenido entre sus partículas, lo cual se logra aplicando energía mecánica. Para evaluar cuán compactado está un suelo, se utiliza el peso unitario seco como

referencia. Durante este proceso, al añadirle agua al suelo, esta actúa como un lubricante, facilitando el movimiento de las partículas y permitiendo que se acomoden mejor entre sí, logrando una compactación más eficiente. A medida que se incrementa la humedad, el peso unitario seco tiende a aumentar, especialmente cuando la humedad es igual a cero ($w = 0$). En ese punto, el peso unitario húmedo y el peso unitario seco coinciden ($\gamma = \gamma_d$ cuando $w = 0$), se puede relacionar de la siguiente manera:

$$\gamma = \gamma_{d(w=0)} = \gamma_1$$

Figura N° 11 Compactación de suelos



Nota: Principio de compactación. Fuentes: Braja M. Das (2013) .

Cuando se incrementa poco a poco la humedad en un suelo y se aplica el mismo nivel de compactación, el peso de las partículas sólidas por unidad de volumen también tiende a aumentar. Sin embargo, llega un punto en el que añadir más agua ya no mejora la compactación, sino que empieza a ocupar el espacio que debería estar lleno de partículas sólidas, lo que hace que el peso unitario seco comience a disminuir. El nivel de humedad en el que se logra la mayor compactación posible se conoce como contenido de humedad óptimo. Para identificar tanto ese nivel óptimo como el peso unitario seco máximo que puede alcanzar un suelo, se realiza en laboratorio la conocida prueba Proctor de compactación, cuyo procedimiento se detalla en la siguiente sección (Das, 2013).

2.2.7.1 Prueba Proctor modificado

Según (Crespo Villalaz, 1980), el ensayo Proctor Modificado es un procedimiento de laboratorio utilizado para determinar la relación entre el contenido de humedad y la densidad

seca máxima que puede alcanzar un suelo cuando se compacta bajo un esfuerzo elevado. Este ensayo permite identificar el punto óptimo cuando un suelo llega a su máxima densidad con una determinada cantidad de humedad, lo cual es esencial para diseñar capas de subrasante, subbase o relleno estructural en proyectos de ingeniería civil.

Contrariamente al método Proctor Estándar, el Método Proctor Modificado emplea una energía de compactación superior, aplicando golpes más intensos y pesados en más capas de suelo. Esto lo hace más representativo de las condiciones de campo en obras de mayor exigencia, como carreteras, aeropuertos o represas(Das, 2013).

Figura N° 12 *Martillos empleados en las pruebas de Proctor*



Nota: La imagen muestra las herramientas utilizadas para llevar a cabo el ensayo de Proctor. Fuente: Das (2013).

Según (Crespo Villalaz, 1980), la fórmula para calcular la densidad en estado húmedo y seco es la siguiente:

Densidad húmeda

Es la relación entre el peso húmedo del suelo compactado y el volumen del molde.

$$\gamma_h = \frac{W_h}{V_{(m)}}$$

Donde:

γ_h : densidad húmeda(g/cm³)

W_h : Peso de la muestra compactada en el molde(g)

$V_{(m)}$: volumen del molde (cm³)

Densidad seca

Se consigue ajustando la densidad húmeda en función del porcentaje de humedad.

$$\gamma_d = \frac{\gamma_h}{1 + w}$$

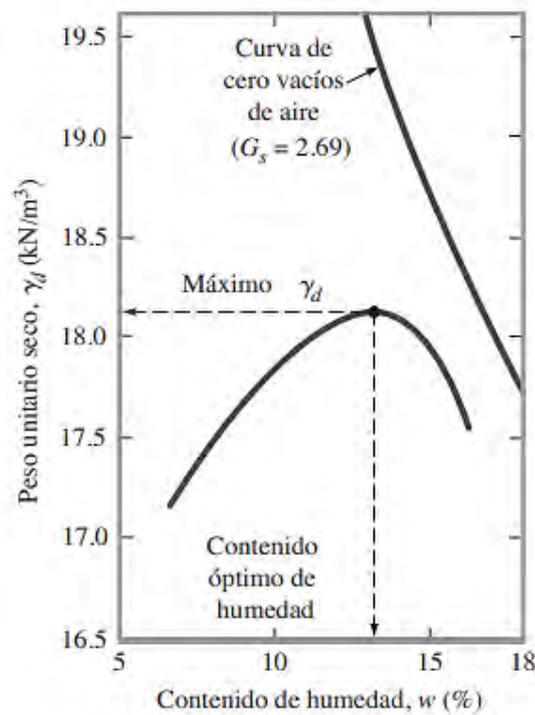
Donde:

γ_d : Densidad seca del suelo (g/cm³).

γ_h : Densidad húmeda del suelo (g/cm³).

w: Cantidad de agua presente en la muestra(cm³).

Figura N° 13 *Gráfica de resultados de ensayo Proctor*



Nota:El gráfico ilustra el desenlace tras el procesamiento de los datos de prueba.

Fuente: Das (2013).

Tabla 8 Características de la prueba Proctor modificado

Elemento	Método A	Método B	Método C
Diámetro del molde:	101.6 mm	101.6 mm	101.6 mm
Volumen del molde:	943.3 cm ³	943.3 cm ³	943.3 cm ³
Peso del martillo:	44.5 N	44.5 N	44.5 N
Altura de la caída del martillo:	457.2 mm	457.2 mm	457.2 mm
Número de golpes de martillo	25	25	56
Número de capas de	5	5	5
Energía de compactación:	2696 Kn-m/m ³	2696 Kn-m/m ³	2696 Kn-m/m ³
Suelo utilizado:	Porción que pasa el tamiz núm. 4 (4.57 mm). Puede ser utilizada si 20% o menos del peso del material es retenido en el tamiz núm. 4	Porción que pasa el tamiz de 9.5 mm. Puede utilizarse si el suelo retenido en el tamiz núm. 4 es más de 20% y 20% o menos del peso es retenido en el tamiz de 9.5 mm	Porción que pasa el tamiz de 19 mm. Puede utilizarse si más de 20% del material es retenido en el tamiz de 9.5 mm y menos de 30% del peso es retenido en el tamiz de 19 mm

Nota: En la tabla se ve el resumen de los procedimientos de evaluación para proctor Modificado. Fuentes: Das (2013).

2.2.8 California Bearing Ratio (CBR)

Según Crespo Villalaz (1980), afirma que el Índice de Capacidad de Soporte California es un ensayo de laboratorio que mide la capacidad de un suelo para resistir la penetración de un pistón estándar bajo condiciones controladas de humedad y compactación. Su resultado se expresa como un porcentaje, que compara la resistencia del suelo con la referencia (grava triturada de alta calidad).

Este valor es ampliamente utilizado en ingeniería civil para diseñar pavimentos y capas estructurales de carreteras, ya que posibilita clasificar los suelos según su capacidad portante de la siguiente manera:

$$CBR(\%) = \frac{P_2}{P_X} \times 100$$

Donde:

P_2 : carga unitaria aplicada en el suelo (kg/cm²).

P_X : carga unitaria del material patrón (kg/cm²).

El cálculo de CBR es esencial para determinar el grosor de las capas de pavimentación, incluyendo subrasante, subbase y base. También es un criterio clave en el diseño de caminos rurales, accesos mineros y plataformas de carga.

El resultado del CBR de esta prueba permite clasificar el suelo utilizando la tabla 10, la cual señala el uso que puede ser dado al material.

Figura N° 14 Equipos para realizar compactación para CBR



Fuente: Crespo Villalaz (1980).

Tabla 9 Categoría de Subrasante

Categoría de Subrasante	CBR
S ₀ : Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S ₁ : Subrasante insuficiente	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S ₂ : Subrasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S ₃ : Subrasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S ₄ : Subrasante Muy buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S ₅ : Subrasante Excelente	CBR ≥ 30%

Nota: Rango de clasificación de subrasante. Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014).

Tabla 10 Clasificación de la subrasante y base

CBR	Clasificación
0 - 5	Subrasante muy mala
5 - 10	Subrasante mala
10 - 20	Subrasante regular a buena
20 - 30	Subrasante muy buena
30 - 50	Sub-base buena
50 - 80	Base buena
80 - 100	Base muy buena

Fuente: Crespo Villalaz (1980).

2.2.8.1 Porcentaje de expansión

Según Bowles (1981), es el porcentaje de aumento en altura de la muestra de suelo después de ser sumergida en agua durante 96 horas, antes de la aplicación de la carga. Se usa para identificar suelos que podrían deformarse significativamente con la humedad, comprometiendo la estructura del pavimento.

El porcentaje de expansión en el ensayo CBR es un parámetro adicional que mide la capacidad de hinchamiento (expansión volumétrica) que tiene un suelo cuando se satura con agua durante el ensayo. Es especialmente importante para evaluar suelos arcillosos expansivos, ya que una alta expansión puede afectar gravemente la estabilidad de las capas de pavimento, la fórmula para hallar es la siguiente:

$$Expansion (\%) = \frac{H_f - H_i}{H_i} \times 100$$

Donde:

H_i : altura inicial de la muestra (antes de inmersión).

H_f : altura final de la muestra (después de inmersión).

2.2.9 Compresión no confinada

La prueba de compresión simple, también conocida como ensayo de compresión no confinada, es una prueba muy utilizada para medir la resistencia al corte de suelos cohesivos, especialmente de tipo arcilloso, en condiciones no drenadas. Este procedimiento consiste en aplicar una carga vertical a una muestra de suelo con forma cilíndrica, sin ningún tipo de presión lateral, hasta que la muestra falla o se rompe (Das, 2013).

Según el mismo autor, el objetivo principal de este ensayo es determinar la resistencia no drenada (qu), que indica la capacidad máxima del suelo para soportar una carga axial sin que el agua dentro del suelo se drene. A partir de este valor, se puede calcular la cohesión del suelo (su) usando la siguiente fórmula:

$$su = \frac{qu}{2}$$

Esta prueba se fundamenta en la hipótesis de falla por corte, bajo condiciones de confinamiento nulo y saturación total. Es especialmente relevante para análisis geotécnicos de corto plazo, como la estabilidad inmediata de taludes o el comportamiento de cimentaciones durante la construcción.

Además de su simplicidad y bajo costo, el ensayo UCS es muy útil para caracterizar la consistencia de suelos en el campo, permitiendo clasificar los suelos de acuerdo con su resistencia:

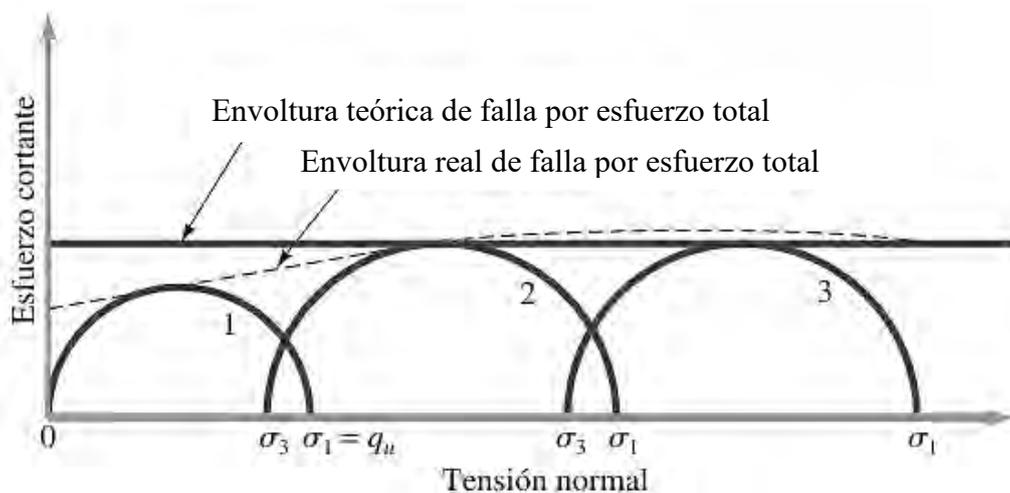
Tabla 11 *Consistencia del suelo y resistencia a la compresión en arcillas*

Consistencia	q_u (kN/m ²)
Muy blanda	0 - 25
Blanda	25 - 50
Media	50 - 100
Firme	100 - 200
Muy firme	200 - 400
Dura	> 400

Fuente: Das (2013).

En teoría, al trabajar con muestras similares de arcillas saturadas, tanto el ensayo de compresión no confinada como el triaxial no consolidado–no drenado deberían ofrecer resultados muy parecidos al medir la resistencia al corte no drenado (c_u). No obstante, en la práctica, suele observarse que el ensayo de compresión no confinada arroja valores ligeramente más bajos que el triaxial. Esta diferencia se ilustra claramente en la figura N°14, donde el círculo de Mohr N°1 representa los resultados del ensayo no confinado, y los círculos N°2 y N°3 reflejan los obtenidos con el triaxial. Esto sugiere que, aunque ambos métodos tienen el mismo objetivo, las condiciones específicas de cada prueba pueden influir de manera significativa en los resultados(Das, 2013).

Figura N° 15 *Círculos de Mohr*



Nota: Contraste entre los hallazgos logrados en el ensayo de compresión no confinada y en el ensayo triaxial no consolidado-no drenado, llevados a cabo sobre arcilla saturada.

Fuente: Das (2013).

2.2.10 Estabilización de suelos

Según (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014), se conoce que la estabilización de suelos es una tecnología basada en la aplicación de un producto, generalmente llamado estabilizante, el cual debe mezclarse íntima y homogéneamente con el suelo a tratar y endurecer según las especificaciones técnicas del producto.

Según Das (2013), muchos ingenieros geotécnicos utilizan indistintamente los términos estabilización del suelo y mejoramiento del suelo. Este proceso consiste en modificar las propiedades del suelo, ya sea en su ubicación original o después de ser extraído, con el objetivo de mejorar su comportamiento de forma más económica y con un mejor control de calidad. Las técnicas empleadas para este fin se agrupan principalmente en dos categorías: la estabilización química, que implica el uso de aditivos como cal o cemento, y la estabilización mecánica, que se basa en procesos físicos como la compactación o la mezcla con otros materiales.

2.2.10.1 La estabilización química

La estabilización química se basa en el uso de aditivos que mejoran el comportamiento del suelo, haciéndolo más apto y manejable para su uso en obras de construcción. Estos productos se aplican principalmente para reducir la plasticidad del suelo y controlar su tendencia a expandirse o contraerse con los cambios de humedad. En suelos arcillosos con características dispersivas, los aditivos ayudan a unir las partículas en estructuras más estables. Y en casos donde las arcillas son difíciles de compactar, ciertos compuestos químicos pueden emplearse para dispersar parcialmente las partículas y facilitar su compactación (Das, 2013).

De acuerdo con el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014), los métodos de estabilización de suelos comprenden diversas técnicas destinadas a mejorar las propiedades físicas y mecánicas de los materiales naturales, permitiendo así su uso adecuado en proyectos de infraestructura vial.

A continuación, se describen las principales características y efectos de los tipos de estabilización contemplados por dicha normativa.

2.2.10.1.1 Estabilización con cal

La estabilización con cal es una técnica eficaz para mejorar suelos finos, en especial los de tipo arcilloso. Consiste en mezclar el suelo con cal viva (óxido de calcio) o cal hidratada (hidróxido de calcio), junto con agua. Esta mezcla desencadena una reacción química que modifica la estructura del suelo, haciéndolo más resistente y reduciendo su plasticidad, lo que facilita su uso en proyectos de construcción.

El mismo organismo indica que, al mezclarse con el suelo, la cal genera dos procesos: una reacción inicial de floculación e intercambio de iones se produce durante una reacción que mejora la trabajabilidad del suelo, y una reacción puzolánica más lenta que forma compuestos cementantes duraderos como silicatos y aluminatos cálcicos.

Entre los beneficios principales de este método se destacan:

- Disminuye el índice de plasticidad del suelo.
- Facilita el secado y mejora la compactación de suelos con alta humedad.
- Incrementa la resistencia a la compresión y mejora su capacidad portante (CBR).
- Reduce significativamente la tendencia del suelo a expandirse o contraerse.
- Aumenta la durabilidad del suelo frente a la presencia y acción del agua.

Este método es ideal en proyectos viales donde los suelos locales no tienen buena capacidad portante y no se cuenta con materiales granulares cercanos. Su aplicación más frecuente se da en capas de subrasante o como base estabilizada.

Finalmente, se resalta la importancia de un curado adecuado de la mezcla para evitar fisuras, especialmente en zonas calurosas donde la evaporación puede ser elevada.

2.2.10.1.2 Estabilización con cemento

La estabilización con cemento es una técnica empleada para mejorar la resistencia y durabilidad de un suelo mediante la mezcla homogénea de cemento Portland, agua y suelo en proporciones controladas. Una vez compactada y curada correctamente, esta mezcla forma una estructura sólida que une las partículas del suelo, disminuye su plasticidad, mejora su capacidad de soporte y lo hace más resistente frente a la humedad y al tránsito vehicular.

Este método se aplica con frecuencia en la construcción de capas de base y subrasante para carreteras, sobre todo cuando el suelo natural no posee las propiedades adecuadas para soportar cargas estructurales.

La eficacia de la estabilización con cemento depende de varios factores: el tipo de suelo, la proporción de cemento y agua, la calidad de la ejecución, así como el tiempo de curado y envejecimiento de la mezcla.

Los suelos más adecuados para este procedimiento son aquellos de tipo granular (clasificados como A-1, A-2 y A-3), que contengan una cantidad moderada de finos con baja o media plasticidad (límite líquido < 40 e índice de plasticidad < 18).

A medida que se incrementa la cantidad de cemento o se deja curar más tiempo, la resistencia del suelo estabilizado tiende a aumentar. Antes del fraguado, al incorporar cemento al suelo, el índice de plasticidad suele reducirse, el límite líquido puede variar levemente, y tanto la densidad máxima como la humedad óptima pueden subir o bajar ligeramente dependiendo del tipo de suelo. La cantidad ideal de cemento a utilizar puede estimarse de manera preliminar en función de la clase de suelo presente.

Tabla 12 *Rango de cemento necesario para la estabilización del Suelo*

Clasificación de suelos AASHTO	Rango usual de cemento requerido Porcentaje del peso de los suelos
A - 1 - a	3 - 5
A - 1 - b	5 - 8
A - 2	5 - 9
A - 3	7 - 11
A - 4	7 - 12
A - 5	8 - 13
A - 6	9 - 15
A - 7	10 - 16

Nota: Clasificación de suelo para suelo cemento. Fuente: Citado por de Federal Highway Administration (FHWA)

2.2.10.1.3 Suelos estabilizados con escoria

Las escorias provenientes de hornos de fundición, particularmente las generadas en procesos de acería, se aprovechan ampliamente en el ámbito de la construcción, principalmente en la fabricación de cemento, como agregados para hormigón, en bases y subbases de pavimentos, en la estabilización de suelos e incluso en capas asfálticas. Además, presentan aplicaciones en la agricultura y en el tratamiento de aguas.

El uso de mezclas estabilizadas con materiales reciclados o alternativos no solo ayuda a conservar el paisaje natural, sino que también contribuye a reducir el consumo de energía y las emisiones de CO₂.

Cuando el suelo carece de partículas finas, es posible mejorar su composición combinando escoria, arena fina y cal. Sin embargo, es importante evitar el uso de cal viva, ya que podría provocar una expansión indeseada del terreno. En este tipo de mezclas, se suele emplear entre un 1.5% y un 3% de cal (en peso) y entre un 35% y un 45% de escoria (en volumen) para lograr una mejora efectiva en sus propiedades.

También se recomienda usar escoria de tamaño pequeño (similar al de la arena) para evitar el desgaste prematuro de maquinaria y proteger a los vehículos y personas del impacto de partículas lanzadas por el tránsito.

2.2.10.1.4 Estabilización con Cloruro de Sodio

La sal (NaCl) se emplea como estabilizante natural de suelos, especialmente en zonas áridas donde se busca controlar el polvo y retener la humedad. Su característica más relevante es su capacidad higroscópica, es decir, puede absorber la humedad del aire y del suelo, ayudando así a mantener la superficie del terreno más cohesiva y compacta por mayor tiempo.

Cuando la sal entra en contacto con las partículas finas del suelo, genera un efecto cementante que facilita la compactación, lo que significa que se requiere menos energía mecánica para alcanzar la densidad adecuada. Esta técnica se recomienda en suelos con poca materia orgánica (menos del 3%) y una plasticidad moderada.

La cantidad de sal recomendada varía entre 50 y 80 kg por metro cúbico de suelo, aunque este valor puede ajustarse tras hacer pruebas en campo. La mezcla se suele realizar directamente en la vía, utilizando maquinaria que combina el suelo con sal y agua limpia. También es posible usar salmuera o incluso agua de mar, siempre que se controle cuidadosamente la cantidad de sal aplicada.

2.2.10.1.5 Estabilización con Cloruro de Calcio

El cloruro de calcio es un estabilizante químico que actúa de forma parecida al cloruro de sodio, pero con ciertas ventajas. A diferencia de la sal común, no tiene efecto oxidante sobre los metales, lo que lo hace más recomendable en algunas aplicaciones. Este compuesto mejora la consolidación del terreno, refuerza su resistencia y reduce la generación de polvo, además de ayudar a conservar la humedad gracias a sus propiedades higroscópicas.

Puede aplicarse de dos maneras:

- **Tipo I:** en forma de granos regulares

- **Tipo II:** en forma de hojuelas o pelotillas

La proporción utilizado en la estabilización del suelo varía entre el 1% y el 2% respecto al peso del suelo seco. Normalmente, se incorpora disuelto en agua, especialmente al inicio de la estación seca, para aprovechar mejor sus propiedades. El procedimiento de aplicación, mezclado, compactación y acabado sigue una metodología similar a la empleada con otros estabilizantes higroscópicos.

Para obtener buenos resultados, el suelo debe cumplir con ciertas condiciones:

- Contener entre 10% y 60% de agregado grueso (tamaño entre 1" y malla N° 4).
- Tener entre 10% y 30% de finura (material que pasa el tamiz N° 200).
- Un índice plástico (IP) entre 4% y 15%.
- Un contenido de sulfatos no mayor al 0.01%.

2.2.10.1.6 Estabilización con Cloruro de Magnesio

El cloruro de magnesio es un compuesto en forma de cristales blancos con una alta capacidad para endurecer la superficie de los caminos y retener la humedad. Es considerado más eficaz que el cloruro de calcio para mejorar la resistencia superficial, debido a que aumenta la tensión superficial del suelo tratado.

Este compuesto contiene, en promedio, un 10.5% de magnesio, 33.5% de cloro y alrededor de 52% de agua, lo que le da una textura algo aceitosa o resbaladiza al tacto. Entre sus propiedades más relevantes se encuentran:

- **Higroscopicidad:** absorbe humedad incluso en climas áridos.
- **Capacidad ligante:** une las porciones finas del material, consolidando la superficie.
- **Alta resistencia a la evaporación:** retiene la humedad por más tiempo.
- **Bajo punto de congelación:** ideal para climas fríos (hasta -32.8 °C).
- **Alta solubilidad:** se disuelve fácilmente en agua para formar salmuera.

En caminos no pavimentados, el cloruro de magnesio puede aplicarse de dos maneras:

1. Como supresor de polvo:

Se aplica en forma de salmuera (mezcla de MgCl y agua en proporción 1.5:1 en peso) sobre caminos previamente preparados, compactados y con contenido de finos (10–

20%) y material granular (mínimo 20%). Se recomienda aplicar 4 litros/m² de esta mezcla, lo que crea una capa superficial firme que evita el levantamiento de polvo y mejora el ambiente en las zonas cercanas.

2. Como estabilizador superficial:

En este caso, se mezcla el producto con la capa superior del camino (entre 7 y 15 cm de espesor). El aporte óptimo es del 3% al 5% en peso de la muestra seca., ajustándose según el índice plástico del material (a mayor IP, menor dosis). El suelo se humedece con la salmuera, se mezcla uniformemente, se distribuye y luego se compacta con equipo vibratorio.

En caminos pavimentados, el MgCl₂ se usa también como agente antihielo y des congelante, evitando que se forme hielo a temperaturas inferiores a -5 °C.

2.2.10.1.7 Estabilización con Productos Asfálticos

La estabilización de suelos utilizando productos asfálticos tiene como objetivo principal aumentar la resistencia del terreno y reducir su vulnerabilidad frente a la humedad. El asfalto funciona como un agente ligante que envuelve las partículas del suelo, mejorando su cohesión y haciéndolo más impermeable, lo que resulta especialmente útil en condiciones climáticas difíciles. Este tipo de estabilización es más efectiva en suelos de tipo granular que contienen pocos finos y baja plasticidad (menos del 20% pasa por el tamiz N°200, con un límite líquido menor a 30 y un índice de plasticidad inferior a 10). Los materiales asfálticos más empleados son las emulsiones asfálticas y los asfaltos fluidificados, los cuales se aplican directamente sobre el terreno utilizando maquinaria especializada.

La mezcla puede realizarse in situ, y el tipo de asfalto a utilizar Dependerá de la textura del terreno, su grado de humedad y su nivel de humedad. y el clima. En suelos con granulometría fina (mayor superficie específica), se recomienda usar ligantes de curado más lento para asegurar una mezcla homogénea.

Las emulsiones asfálticas se componen de asfalto disperso en agua, con pequeñas partículas que permiten su fácil aplicación. Según su velocidad de fraguado, pueden ser lentas, medias o rápidas. La elección del tipo de emulsión también depende de la temperatura ambiente, ya que en climas cálidos se necesitan emulsiones de curado más lento.

2.2.10.2 La estabilización mecánica

Según Das (2013), la estabilización mecánica involucra la implementación de métodos creados para optimizar las características del suelo seleccionado sin recurrir a agentes químicos

o a energías que generen la unión de partículas. En pocas palabras, este enfoque no considera procesos químicos ni efectos de unión entre las partículas del terreno.

Entre las técnicas que forman parte de esta metodología se encuentran las siguientes:

- Compactación tradicional: Método que utiliza equipos mecánicos para aumentar la densidad del suelo.
- Vibro compactación: Técnica que emplea vibraciones profundas para reorganizar partículas en suelos granulares.
- Voladuras controladas: Uso de explosivos para generar una reacomodación del suelo, mejorando su densificación.
- Compactación dinámica: Consiste en aplicar cargas repetidas y pesadas sobre el terreno para mejorar su estructura interna.
- Precarga: Aplicación de una carga temporal sobre el suelo para acelerar su asentamiento antes de construir.
- Drenes de arena: Instalación de columnas de arena verticales para facilitar la salida del agua y acelerar la consolidación del suelo.

2.2.10.3 Tipos de uso de estabilización química según la clase de suelo

Tabla 13 Enfoque referencial para seleccionar el tipo de estabilizador

Área	Clase de suelo	Tipo de Estabilizador Recomendado	Restricción en LL e IP del suelo	Restricción en el porcentaje que pasa la malla 200	Observaciones
1 A	SW o SP	(1) Asfalto (2) Cemento Portland (3) Cal-Cemento-Cenizas volantes	IP no excede de 25		
1 B	SW - SM o SP - SM o SW - SC o SP - PC	(1) Asfalto (2) Cemento Portland (3) Cal (4) Cal-Cemento-Cenizas volantes	IP no excede de 10 IP no excede de 30 P no menor de 12 IP no excede de 25		
1 C	SM o SC o SM-SC	(1) Asfalto (2) Cemento Portland (3) Cal (4) Cal-Cemento-Cenizas volantes	IP no excede de 10 (b) IP no menor de 12 IP no excede de 25	No debe exceder el 30% en peso	
2 A	GW o GP	(1) Asfalto (2) Cemento Portland (3) Cal-Cemento-Cenizas volantes	IP no excede de 25		Solamente material bien graduado. El material deberá contener cuanto menos 45% en peso de material que pasa la Malla N° 4.
2 B	GW - GM o GP - GM o GW - GC o GP-GC	(1) Asfalto (2) Cemento Portland (3) Cal (4) Cal-Cemento-Cenizas volantes	IP no excede de 10 IP no excede de 30 P no menor de 12 IP no excede de 25		Solamente material bien graduado. El material deberá contener cuanto menos 45% en peso de material que pasa la Malla N° 4.
2 C	GM o GC o GM - GC	(1) Asfalto (2) Cemento Portland (3) Cal (4) Cal-Cemento-Cenizas volantes	IP no excede de 10 (b) IP no menor de 12 IP no excede de 25	No debe exceder el 30% en peso	Solamente material bien graduado. El material deberá contener cuanto menos 45% en peso de material que pasa la Malla N° 4.
3	CH o CL o MH o ML o OH o OL o ML-CL	(1) Cemento Portland (2) Cal	LL no menor de 40 IP no menor de 20 IP no menor de 12		Suelos orgánicos y fuertemente ácidos contenidos en esta área no son susceptibles a la estabilización por métodos ordinarios

IP = índice Plástico

(b) $IP = 20 + (50 - \text{porcentaje que pasa la Malla N° 200}) / 4$

Nota: Clasificación por el tipo de estabilizador. fuentes: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014).

Tabla 14 Orientación complementaria para la selección del tipo de estabilizador

Tipo de Estabilizador Recomendado	Normas Técnicas	Suelo ⁽¹⁾	Dosificación ⁽³⁾	Curado (Apertura Al Tránsito) ⁽⁵⁾	Observaciones
Cemento	EG-CBT-2008 Sección 3068 ASTM C150 AASHTO M85	A-1,A-2,A-3,A-4,A-5,A-6 y A-7 LL> 40% IP ≥ 18% CMO ⁽²⁾ < 1.0% Sulfatos (SO ₄ ²⁻)< 0.2% Abrasión < 50% Durabilidad SO4 Ca ⁽⁴⁾ - AF≤10%	2 - 12%	7 días	Diseño de mezcla de acuerdo a recomendaciones de la PCA (Portland Cement Association)
Emulsión	ASTM D2397 o AASHTO M208	A-1, A-2 y A3 Pasante malla N° 200≤10% IP ≤ 8% Equiv. Arena ≥ 40% CMO ⁽²⁾ < 1.0% Sulfatos (SO ₄ ²⁻) < 0.6% Abrasión < 50%	4 - 8%	Mínimo 24 hora	Cantidad de aplicación a ser definida de acuerdo a resultados del ensayo Marshall modificado o Illinois
Cal	EG-CBT-2008 Sección 3078 AASHTO M216 ASTM C977	A-2-6, A-2-7, A-6 y A-7 10% ≤IP ≤ 50% CMO ⁽²⁾ < 3.0% Sulfatos (SO ₄ ²⁻) < 0.2% Abrasión < 50%	2 - 8%	Mínimo 72 horas	Para IP > 50%, se puede aplicar cal en dos etapas Diseño de mezcla de acuerdo a la Norma ASTM D 6276
Cloruro de Calcio	ASTM D98 ASTM D345 ASTM E449 MTC E 1109	A-1, A-2, y A-3 IP≤15% CMO ⁽²⁾ < 3.0% Sulfatos (SO ₄ ²⁻) < 0.2% Abrasión < 50%	1 a 3% en peso del suelo seco	24 horas	
Cloruro de Sodio	EG-CBT-2008 Sección 309B ASTM E534 MTC E 1109	A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7 8% ≤IP ≤ 50% CMO ⁽²⁾ < 3.0% Abrasión < 50%	50 - 80 kg/m	07 días	La cantidad de sal depende de los resultados (dosificación) y tramo de prueba
Cloruro de Magnesio	MTC E 1109	A-1, A-2 y A-3 IP ≤ 15% CMO ⁽²⁾ < 3.0% pH: mínimo 5 Abrasión < 50%	50 - 80 kg/m ³	48 horas	La cantidad de sal depende de los resultados de laboratorio (dosificación) y tramo de prueba
Enzimas	EG-CBT-2008 Sección 308B MTC E 1109	A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7 6% ≤IP ≤15% 4.5 < pH < 8.5 CMO ⁽²⁾ No debe contener Abrasión < 50% % < N° 200: 10 - 35%	1L / 30-33 m	De acuerdo a Especificaciones del fabricante	
Aceites sulfonados		Aplicable en suelos con partículas finas limosas o arcillosas, con LL bajo, arcillas y limos muy plásticos CMO ⁽²⁾ < 1.0% Abrasión < 50%		De acuerdo a Especificaciones del fabricante	

Nota: clasificación por el tipo de estabilizador. Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014).

(1) Espesor y características del tratamiento: El tratamiento del suelo debe aplicarse en capas de entre 6 y 8 pulgadas de espesor, con un tamaño máximo de partícula de 2 pulgadas. Es fundamental que el material esté libre de residuos vegetales. Los suelos para estabilizar ya sean naturales, provenientes de bancos de préstamo o una mezcla de ambos, deben estar claramente definidos en el Expediente Técnico del proyecto.

(2) CMO: Se refiere al contenido de materia orgánica del suelo.

(3) Diseño de mezcla o dosificación: Deben incluir la fórmula de trabajo, el tipo de suelo, la proporción del estabilizante, la cantidad de agua, y valores esperados como el CBR o la resistencia a la compresión simple. También deben incorporarse los resultados de ensayos específicos, como el Marshall modificado o el de Illinois, según el estabilizante utilizado.

(4) Consideraciones por altitud: Se deben aplicar ajustes o precauciones especiales para obras situadas a más de 3000 metros sobre el nivel del mar.

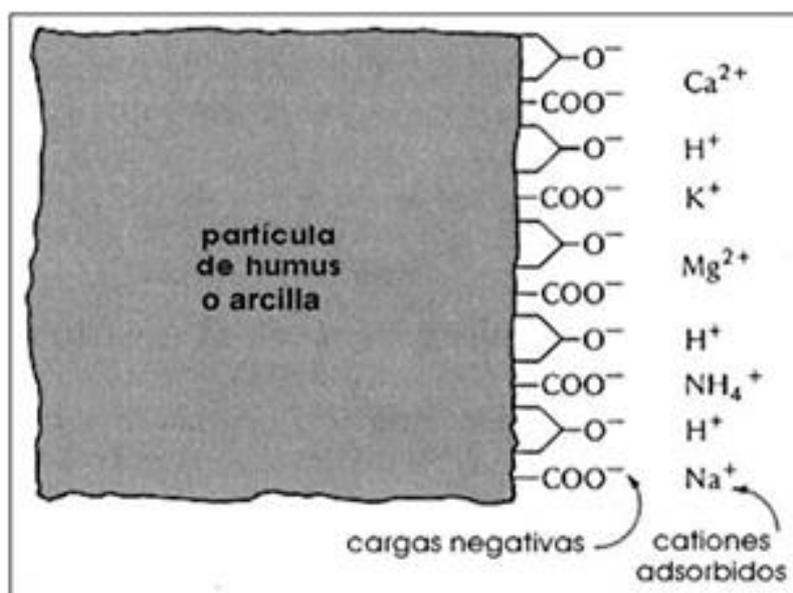
(5) Finalización de la compactación: Las condiciones o propiedades del suelo deben evaluarse inmediatamente después de completar el proceso de compactación.

2.2.10.4 Estabilización química por ionización

La ionización es el proceso, ya sea físico o químico, mediante el cual se forman iones, es decir, átomos o moléculas que adquieren una carga eléctrica debido a la pérdida o ganancia de electrones. Cuando una entidad química tiene más electrones que en su estado neutro, se convierte en un anión (carga negativa); si tiene menos electrones, se denomina catión (carga positiva). Existen distintas maneras en las que los átomos o moléculas pueden convertirse en iones (Carranza & Fernández, 2018).

Por otro lado, la capacidad de intercambio iónico del suelo es un factor fundamental. Esta propiedad influye en procesos clave como la floculación y dispersión de las arcillas, y en la formación y estabilidad de agregados del suelo. Además, tiene un papel importante en la función del suelo como filtro natural, ya que permite retener contaminantes y contribuir a la purificación del medio (Castillo, 2018).

Figura N° 16 *Reacción Química por Ionización*



Fuente: Carranza & Fernández (2018)

2.2.10.5 Estabilizador Iónico: Proes

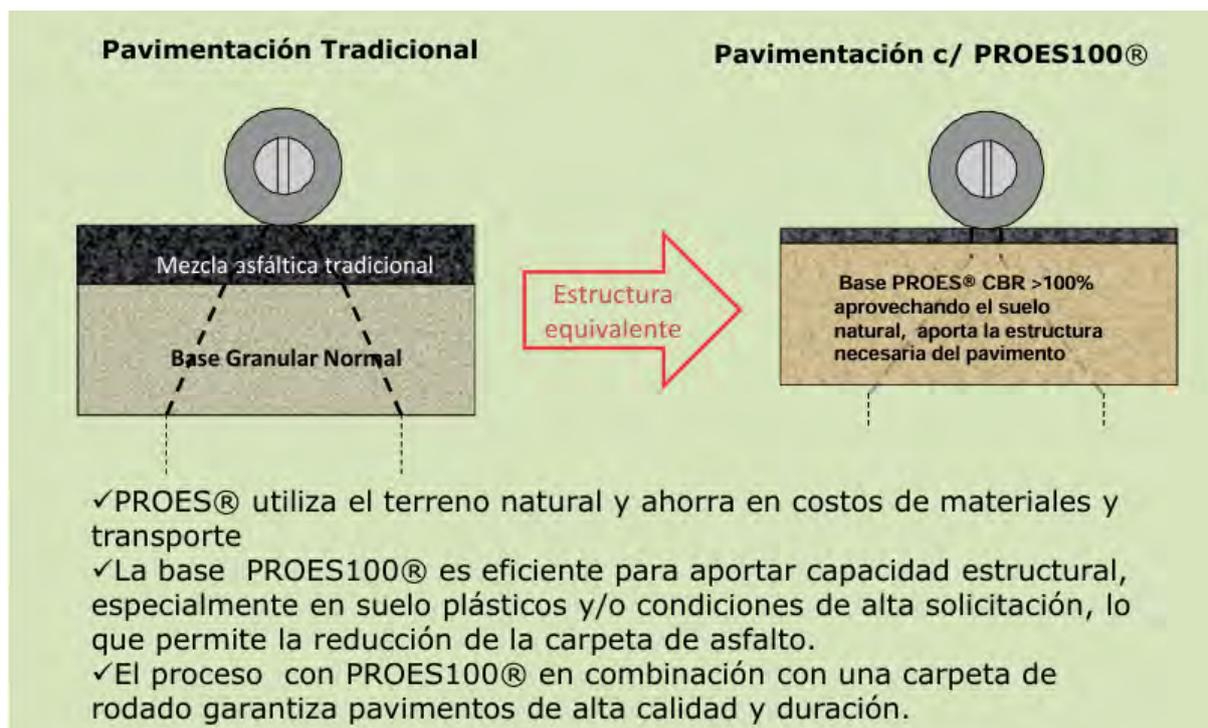
Según Proestech (s. f.), consiste en un proceso de consolidación química de suelos, especialmente útil en terrenos con arcillas inestables y baja capacidad de soporte que formarán parte de estructuras de pavimento. Este sistema emplea un aditivo que genera una reacción iónica, mejorando la resistencia del suelo, su estabilidad frente al agua y su capacidad para soportar cargas vehiculares. El tratamiento incluye la incorporación de minerales compatibles

con el terreno, mediante dos componentes: un aditivo líquido y otro sólido (como cal, cemento o cenizas). En esta investigación, el aglomerante seleccionado es el cemento.

Para la mejora de subrasantes y suelos, se emplea el Aditivo Líquido Proes junto con el componente sólido. Ambos se mezclan directamente con el suelo, utilizando agua para disolver el aditivo líquido, logrando una distribución homogénea. Luego, se compacta la mezcla hasta alcanzar el 95% de la máxima densidad seca.

El tratamiento con el aditivo Proes transforma el suelo en un material más impermeable, resistente y flexible, alcanzando valores de CBR mayores al 100%. Esto se debe a la acción combinada del aglomerante (como el cemento), que reacciona con el suelo desplazando el agua, y del aditivo Proes, que reorganiza las partículas del suelo mediante procesos de ionización, dificultando el paso del agua y favoreciendo la impermeabilización del terreno.

Figura N° 17 *Influencia de la estabilización en la estructura del pavimento*



Fuente: *Tecnología Proes* (s. f.).

Tal como se observa en la imagen, se realiza una comparación entre suelos tratados con la tecnología Proes y aquellos sin tratamiento. Esta comparación no solo evidencia las mejoras mecánicas alcanzadas en los suelos estabilizados, sino que también destaca beneficios económicos importantes, como el aprovechamiento del suelo existente y la posibilidad de reducir el espesor de la capa asfáltica.

2.2.10.5.1 Especificaciones técnicas

La siguiente información ha sido extraída de la ficha técnica del método Proes, elaborada por Proestech (s. f.).

I. Tecnología Proes

El método Proes de estabilización química transforma el suelo natural en una base estructural impermeable, resistente (con un CBR superior al 100%) y con buena flexibilidad.

Este sistema se basa en tres componentes principales:

- El suelo natural, incluso si presenta cierto grado de plasticidad.
- Un aditivo líquido Proes, que actúa a través de un proceso de ionización, reorganizando las partículas del suelo.
- Un aditivo sólido (como cemento o cal), que cumple la función de aglutinante.

La base estabilizada con aditivo Proes proporciona un soporte confiable para estructuras viales. Sin embargo, debe complementarse con una capa de rodadura que proteja contra el desgaste por tránsito y garantice el nivel de servicio requerido.

II. Consideraciones sobre el uso

1. Es necesario garantizar que las condiciones de la composición del suelo a tratar sean adecuadas, conforme a los estudios y especificaciones del Aditivo Proes.
2. Se debe incorporar un aditivo sólido al suelo a intervenir, el cual consiste en un filler aglomerante, definido específicamente para cada proyecto y gestionado a nivel local.
3. Para usar el aditivo Proes, se debe mezclar entre 0.20 y 0.35 litros por cada metro cúbico de suelo que se va a estabilizar y compactar. Este producto se aplica con un camión cisterna, luego de diluirlo en agua en una proporción mínima de 1 parte de aditivo por 20 de agua. Antes de usarlo, es importante agitar bien el líquido, sobre todo si ha estado guardado durante mucho tiempo, para asegurarse de que funcione correctamente.
4. El procedimiento incluye mezclar y esparcir el suelo tratado utilizando una motoniveladora o recicladora, seguido de su compactación mediante un rodillo vibratorio.

III. Requisitos para el transporte del aditivo en forma líquida

Contenedor: Tanque anillado de HDPE de 55 galones (alrededor de 210 litros), herméticamente cerrado, mide 595 mm de diámetro y 888 mm de altura. (consultar ilustración anexa).

Distribución: los tanques se transportan en pallets homologados de 1.000 mm x 1.200 mm.

IV. Aspectos químicos del aditivo en estado líquido

- División de Riesgo: Categoría 8 – Sustancia Corrosiva.
- Código UN: NU 3265.
- Este producto es un líquido oscuro con una textura aceitosa.
- Tiene un peso específico entre 1.25 y 1.30, lo que indica que es más denso que el agua.
- En su presentación original (en tambor), tiene un pH muy bajo, cercano a 1, lo que lo hace altamente corrosivo. Cuando se diluye para su uso en campo, el pH puede variar entre 1.0 y 1.5, lo que aún lo mantiene dentro del rango de sustancias muy ácidas.
- Es estable a temperatura ambiente, pero debe mantenerse por debajo de los 100 °C para evitar cualquier alteración.
- No tiene fecha de caducidad, lo que significa que puede almacenarse por tiempo indefinido siempre que se conserven las condiciones adecuadas.

2.2.10.6 Estabilización Iónico: Con-Aid

Según TDM (2011), el estabilizador iónico se basa en un aceite sulfonado que actúa como componente activo principal. Este tipo de aceite tiene la capacidad de unirse de forma permanente a las partículas de arcilla del suelo, ya que funciona como un surfactante, es decir, un agente que actúa sobre las superficies para facilitar ciertas reacciones. Gracias a esta propiedad, el aditivo Con-Aid ayuda a que el agua se distribuya mejor dentro de los minerales de arcilla, favoreciendo su tratamiento

En el marco de este estudio, aditivo Con-Aid se considera un elemento esencial para mejorar las propiedades del suelo, ya que genera una acción iónica dirigida que permite reducir la cantidad de agua retenida en las arcillas. Esto se traduce en un suelo con menor plasticidad y expansión, lo cual mejora notablemente su comportamiento mecánico.

Este aditivo es una mezcla química compleja, especialmente formulada para su uso en caminos y carreteras. Contiene un reactivo catiónico de alta valencia, el cual reemplaza de forma permanente los cationes débiles presentes en la capa de agua que rodea las partículas del suelo. Esos cationes débiles son los responsables de la inestabilidad en suelos arcillosos, por lo que su sustitución mejora significativamente la firmeza del suelo.

Aditivo Con-Aid es un estabilizador aniónico derivado del petróleo que se presenta como un líquido denso, de color rojo intenso, sin olor ni sabor. Es soluble en agua, no inflamable, no corrosivo, no tóxico y seguro para el medio ambiente, lo que lo convierte en un producto fácil de aplicar y confiable para proyectos de ingeniería vial.

2.2.10.6.1 Especificaciones técnicas

Según la ficha técnica extraída de Tecnocover (s. f.), al utilizar estabilizadores para mejorar suelos, es importante tener en cuenta ciertas especificaciones técnicas que garantizan su seguridad y eficacia. Estas son las principales características que debe cumplir el producto:

- No es inflamable, por lo que no representa riesgo de incendio.
- No es corrosivo, lo que lo hace seguro para los equipos y estructuras cercanas.
- No es peligroso, permitiendo su manipulación sin requerir medidas extremas de seguridad.
- No es tóxico, tanto para las personas como para el medio ambiente.
- Es biodegradable, lo que significa que se descompone de manera natural con el tiempo.

En cuanto a sus propiedades físico-químicas:

- El contenido de aniónico activo debe ser como mínimo del 23%, según el método Hyamine.
- El porcentaje de sólidos debe ser al menos del 24% cuando se mide a 110°C.
- El pH del producto debe estar en torno a $0,45 \pm 0,15$, pero sin ser corrosivo cuando se diluye para su aplicación.
- La viscosidad a 25°C debe ser de 750 ± 100 (unidades de viscosidad).
- El peso específico a 25°C debe ser de $1,03 \pm 0,00$, lo que indica una densidad similar a la del agua con una ligera variación.

Estas condiciones aseguran que el estabilizador sea eficaz, manejable y seguro tanto para el operador como para el entorno.

2.2.11 Pavimentos

El pavimento es una estructura de múltiples capas diseñada sobre la subrasante del camino con el objetivo de resistir y repartir los esfuerzos generados por los vehículos, además de mejorar las condiciones de seguridad y confort para el tráfico. Por lo general está conformada las siguientes capas: base, sub-base y capa de rodadura, las cuales se apoyan sobre

el suelo natural o subrasante como se muestra en la Figura n°2. (Ministerio de Transportes, 2014).

Figura N° 18 Estructura de la superficie pavimentada



Fuente: Carranza & Fernández (2018).

2.2.11.1 Carreteras no pavimentadas

Los caminos no pavimentados son aquellos caminos cuya superficie se compone de materiales granulares, como gravas, afirmado, suelos estabilizados o incluso el suelo natural sin tratamiento. Algunas de estas vías han recibido cierto nivel de intervención técnica, como trabajos de nivelación, conformación de su sección transversal y longitudinal, además de un drenaje adecuado. Otras, en cambio, son caminos más rústicos y básicos, como trochas o caminos de herradura, construidos generalmente por la necesidad de llegar a zonas alejadas sin acceso formal (Sanchez, 2016).

Según criterios de clasificación vial, estas carreteras pueden agruparse considerando factores como el nivel de uso (demanda) y las condiciones del terreno (orografía).

2.2.11.1.1 Clasificación de rutas no pavimentadas

Según Sanchez (2016) Las vías sin pavimentar se categorizan según las características de sus capas superficiales y los materiales que las componen. Esta clasificación es esencial para determinar los criterios de diseño, construcción y mantenimiento adecuados para cada tipo de vía.

Las cuatro categorías principales se describen a continuación:

a) Carreteras de Tierra

Son vías conformadas principalmente por suelos naturales, ocasionalmente mejorados con grava seleccionada mediante zarandeo. Estas carreteras presentan bajos costos de construcción, pero requieren mantenimiento frecuente debido a su susceptibilidad a las condiciones climáticas y al tráfico vehicular.

b) Carreteras Gravosas

Estas carreteras cuentan con una capa de recubrimiento compuesta por material granular natural no procesado, seleccionado manualmente o mediante zarandeo. Las partículas empleadas tienen un tamaño máximo de 75 mm. Ofrecen mayor resistencia que las carreteras de tierra, aunque su rendimiento se basa en gran parte en la calidad del material utilizado.

c) Carreteras Afirmadas

Estas carreteras están diseñadas para cumplir una doble función: servir como superficie de tránsito y brindar soporte estructural a los vehículos. Para ello, incorporan una capa formada por materiales granulares naturales, obtenidos de canteras, cortes o fuentes similares. Estos materiales deben cumplir con especificaciones técnicas precisas en cuanto a su tamaño, distribución granulométrica, resistencia y contenido de finos, lo que permite mejorar su desempeño estructural y asegurar una mayor durabilidad frente a las exigencias del tráfico y las condiciones del entorno.

d) Carreteras con Superficies Estabilizadas

En este tipo de carreteras, los materiales de la superficie han sido tratados con estabilizantes de origen industrial, como cemento, cal o escoria. Este tratamiento mejora significativamente su resistencia mecánica y su durabilidad frente al tráfico y las condiciones climáticas.

2.2.11.1.2 Dimensiones de carreteras no pavimentadas

Según Sanchez (2016), las principales deficiencias observadas en las carreteras no pavimentadas se relacionan con aspectos geométricos, de drenaje y de superficie.

A continuación, se describen las más comunes:

a) Sección transversal no adecuada

Cuando esto sucede, la carretera se vuelve vulnerable a daños causados tanto por el paso de vehículos como por una mala evacuación del agua. Por eso, es fundamental que la vía cuente con una pendiente transversal adecuada, que permita que el agua de lluvia o escorrentía superficial se desplace rápidamente fuera del camino, evitando acumulaciones que puedan deteriorar la superficie.

b) Sistema de drenaje deficiente

Este problema se presenta como la acumulación de agua en la superficie del camino. No siempre se debe a un mal diseño del drenaje superficial o a la ausencia de sistemas de drenaje profundo, sino más bien a la falta de mantenimiento adecuado en las estructuras hidráulicas existentes, como cunetas, alcantarillas o drenes.

c) Ondulaciones

Las ondulaciones son llamadas también corrugaciones y estas fallas se reconocen por las ondulaciones o marcas que se presentan en la superficie del camino, dispuestas en intervalos regulares, y cruzando perpendicularmente el sentido del tránsito. Su aparición puede estar relacionada con múltiples causas, como el paso constante de vehículos, la pérdida de material fino del suelo, una baja capacidad de soporte del terreno, pendientes mal diseñadas o el uso de capas granulares de poca calidad.

Las ondulaciones en una vía se presentan como una serie de crestas y depresiones dispuestas perpendicularmente al sentido del tránsito, muy cercanas entre sí, generalmente con menos de un metro de separación. Estas irregularidades se extienden a lo largo de la superficie del camino, afectando la carpeta o la base del pavimento, y son causadas principalmente por el paso repetido de vehículos.

Este tipo de deterioro se clasifica en tres niveles de severidad, según el impacto que tiene en la conducción:

- **Bajo (B):** Provoca una ligera vibración en el vehículo, pero sin llegar a ser molesta.
- **Mediano (M):** La vibración se vuelve más notoria y puede resultar incómoda para los ocupantes.
- **Alto (A):** La vibración es constante y fuerte, generando molestias importantes e incluso riesgos para la seguridad vial, obligando a reducir la velocidad.

La magnitud del daño se cuantifica en metros cuadrados, registrando el área afectada según el nivel de severidad observado en cada tramo evaluado.

d) Emisión excesiva de polvo

Este problema surge cuando la capa de afirmado o la base del camino pierde su contenido de material fino, especialmente si este era excesivo desde el inicio. La pérdida de esta fracción altera el equilibrio adecuado de la mezcla de agregados, lo que genera diversas

consecuencias negativas: incomodidad para los usuarios, afectación a la salud por la emisión de polvo, mayor desgaste en los vehículos, y un incremento en los costos de mantenimiento de la vía.

e) **Surcos**

Estas huellas de rodamiento se tratan de hundimientos que se presentan a lo largo del eje de la vía. Generalmente, son causados por una deformación permanente de la base o del recubrimiento del camino, y suelen aparecer cuando el terreno no tiene suficiente capacidad para soportar la carga del tránsito.

Estos hundimientos se clasifican en tres niveles de severidad, según su impacto en la experiencia de conducción:

- **Bajo (B):** Apenas afectan la comodidad al manejar y son casi imperceptibles cuando se circula a velocidad normal.
- **Mediano (M):** Generan una molestia moderada, obligando al conductor a reducir la velocidad.
- **Alto (A):** Provocan una incomodidad considerable y representan como un peligro para la seguridad, por lo que se hace necesario disminuir la velocidad de manera significativa.

f) **Separación de los agregados**

Este tipo de daño ocurre por el paso constante de vehículos sobre la vía. Con el tiempo, el movimiento de las ruedas provoca que los agregados más gruesos se desplacen hacia los costados del camino, especialmente hacia los bordes. La principal causa de este problema es que los materiales usados no tienen suficiente aglutinante para mantener la mezcla unida, lo que facilita que se desarme con el tráfico.

2.3 **Definición de términos básicos**

1. **Suelo Arcilloso**

Material natural, principalmente formado por partículas de tamaño reducido (menos de 0.002 mm), con gran capacidad para retener agua y plasticidad. Es susceptible a la humedad y tiene una capacidad de soporte limitada en su condición natural(Das, 2013).

2. **Arcilla de baja plasticidad**

Suelo compuesto por partículas finas que presentan una capacidad limitada de deformación plástica. Se distinguen por su bajo Índice de Plasticidad (IP) y reaccionan de manera moderada ante variaciones de humedad.

3. Plasticidad

Propiedad del suelo que le permite deformarse sin romperse cuando está húmedo. Se mide mediante el límite líquido y plástico.

4. CBR

Ensayo que mide la capacidad de soporte de un suelo frente a una carga estándar. Es un valor porcentual, comparando el esfuerzo requerido para penetrar el suelo con el esfuerzo requerido en una grava estándar (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2016).

5. Estabilización de Suelos

Proceso mediante el cual se mejoran las propiedades físicas y/o químicas del suelo (resistencia, durabilidad, plasticidad) mediante el uso de aditivos o técnicas mecánicas.

6. Aditivo Estabilizante

Sustancia (como cemento, cal, productos iónicos, polímeros) que se incorpora al suelo para mejorar su comportamiento estructural, aumentar su resistencia o reducir su expansión.

7. Ionización

Mecanismo químico en el cual los aditivos alteran las cargas eléctricas en la superficie de las partículas del suelo (especialmente las arcillas), provocando la floculación o agregación de estas y mejorando la estructura del suelo.

8. Compactación

Proceso mecánico que incrementa la densidad del suelo mediante reducción del volumen de vacíos, generalmente aplicado con energía (Proctor estándar o modificado) (Bowles, 1981).

9. Proctor Modificado

Procedimiento que establece la densidad máxima y el contenido ideal de humedad de un terreno para su compactación, empleando más energía que el estándar Proctor (Bowles, 1981).

10. Clasificación SUCS

Sistema para categorizar los suelos en función de su tamaño de partículas y su plasticidad(Bowles, 1981).

11. Ensayo Granulométrico

Prueba que establece la disposición de las dimensiones de las partículas en el suelo. Puede incluir análisis por tamizado (arena y grava) y sedimentación (limos y arcillas)(Bowles, 1981).

12. Límites de Atterberg

Pruebas que determinan el comportamiento plástico del suelo según su contenido de humedad. Incluye LL, LP y IP(Bowles, 1981).

13. Floculación

Agrupación de partículas finas del suelo causada por la reducción de cargas negativas, formando una estructura más estable y con mayor resistencia(Bowles, 1981).

14. ANOVA (Análisis de Varianza)

Método estadístico utilizado para comparar diferencias entre varios tratamientos experimentales y determinar si estas son significativas.

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

3.1 Tipo de investigación

Esta investigación es de tipo aplicada, ya que tiene como objetivo brindar una respuesta concreta a una problemática real: analizar la influencia del aditivo Proes, Con-Aid y Cemento IP, así como su interacción, en la mejora de suelos con baja plasticidad, utilizados como capa de subrasante en una vía no pavimentada ubicada en el distrito de San Sebastián, región Cusco, durante el año 2024.

3.2 Enfoque de investigación

La presente investigación adopta un enfoque cuantitativo, dado que se apoya en la recopilación y análisis de datos numéricos obtenidos mediante ensayos de laboratorio. Su propósito es examinar, de forma objetiva, los efectos de diferentes proporciones de los aditivos Proes, Con-Aid y Cemento IP sobre el comportamiento mecánico del suelo, especialmente en lo relacionado con el índice CBR y la susceptibilidad al hinchamiento.

Para procesar los resultados, se utilizaron métodos estadísticos, incluyendo el análisis de varianza (ANOVA) y modelos factoriales, que permitieron identificar patrones relevantes entre las variables, comprobar hipótesis y cumplir con los fines del estudio.

3.3 Nivel de investigación

Esta investigación se enmarca dentro del nivel explicativo-causal, ya que tiene como propósito entender de qué manera diversas clases y proporciones de aditivos estabilizadores afectan el comportamiento del suelo. En particular, se examinan los cambios generados en parámetros como la resistencia mecánica sin confinamiento (UCS), el índice CBR y la densidad seca máxima. Con ello, se pretende identificar vínculos causales entre los estabilizantes aplicados y la respuesta del suelo tratado, aportando una comprensión precisa de las transformaciones observadas.

3.4 Diseño de investigación

El enfoque metodológico adoptado en esta investigación corresponde a un diseño experimental, ya que el investigador establece condiciones controladas con el fin de analizar cómo diferentes tratamientos afectan el comportamiento del suelo. Este tipo de diseño resulta esencial para generar información confiable acerca del impacto de métodos y de los aditivos Proes, Con-Aid y Cemento IP, en la mejora de las propiedades físicas y mecánicas de suelos arcillosos con baja plasticidad. La experimentación permite comparar de manera sistemática

los resultados obtenidos y establecer con claridad la efectividad de cada técnica de estabilización aplicada.

3.5 Alcance de la investigación

- ✓ **Ámbito geográfico:** El estudio se desarrolla en el centro poblado de Huillcarpay, perteneciente al distrito de San Sebastián, en la provincia y región del Cusco.
- ✓ **Alcance temporal:** 2024 - 2025.
- ✓ **Alcance temático:** La investigación se centra en evaluar la influencia de los aditivos Proes, Con-Aid y Cemento IP, tanto de forma individual como en combinación, sobre las propiedades fundamentales de suelos arcillosos de baja plasticidad. Entre estas propiedades destacan la resistencia a la compresión no confinada, el CBR y la densidad seca. Para este análisis, se llevaron a cabo ensayos de laboratorio dentro de un diseño experimental.
- ✓ **Unidad de análisis:** Las muestras utilizadas fueron recolectadas en un tramo no pavimentado que une el sector de Agua Buena con la comunidad de Huillcarpay, en el distrito de San Sebastián.

3.6 Población

La población objetivo de esta investigación está conformada por suelos arcillosos de baja plasticidad localizados a lo largo del tramo vial entre Agua Buena y la comunidad de Huillcarpay, en el distrito de San Sebastián, región Cusco. Este camino sin asfaltar representa condiciones características de suelos que presentan deficiencias mecánicas, lo cual justifica la necesidad de aplicar procesos de estabilización para optimizar su desempeño ante el tránsito vehicular.

3.7 Muestra

La muestra fue obtenida directamente del terreno en estudio, específicamente de la carretera hacia Huillcarpay, mediante la excavación de calicatas en un segmento representativo del distrito de San Sebastián. El suelo extraído sirvió como base para la experimentación en laboratorio, donde fue tratado con diferentes proporciones de aditivos estabilizantes: Proes, Con-Aid y Cemento IP. Estas mezclas se sometieron a diversos ensayos físico-mecánicos con el fin de evaluar su comportamiento estructural y determinar su potencial como subrasante para vías sin pavimentar.

3.7.1 Selección de Muestra

La recolección del suelo se llevó a cabo utilizando un muestreo no probabilístico de tipo intencional, con el propósito de obtener una muestra que refleje adecuadamente las condiciones geotécnicas del área de estudio. El material fue extraído de un tramo de vía sin pavimento en la comunidad de Huilcarpay, zona que se distingue por su baja capacidad de soporte y por presentar deformaciones visibles durante la temporada de lluvias.

Tabla 15 *Coordenadas UTM de las calicatas*

Calicata	Coordenada UTM		Altitud (msnm)	Observaciones
	Este (m)	Norte (m)		
C-1	178842	8500246	3347	Tramo 1
C-2	178957	8499738	3364	Tramo 2
C-3	179137	8499085	3411	Tramo 3
C-4	178952	8498664	3463	Tramo 4
C-5	178830	8498455	3471	Tramo 5

Fuente: Elaboración propia.

3.7.2 Tamaño de Muestra

El presente estudio consideró un diseño factorial 2^3 , compuesto por tres factores (Proes, Con-Aid y Cemento IP), cada uno con dos niveles (mínimo y máximo). Esta configuración generó un total de 8 combinaciones experimentales únicas.

A cada combinación se le aplicaron tres réplicas para mejorar la confiabilidad estadística de los resultados, obteniéndose un total de 24 unidades experimentales o muestras de ensayo.

El tamaño de muestra fue definido en función de la viabilidad operativa, los recursos disponibles, y la necesidad de realizar un análisis de varianza (ANOVA) con suficiente poder estadístico.

3.7.3 Caracterización previa y justificación de la muestra seleccionada

Previo al desarrollo de los ensayos de estabilización, se ejecutaron pruebas de caracterización inicial sobre cinco muestras de suelo extraídas de las calicatas C-1 a C-5. Estas evaluaciones incluyeron el análisis granulométrico (cuantificación de los porcentajes de grava, arena y finos) y la determinación de los límites de consistencia siguiendo los procedimientos establecidos por normas ASTM.

Con base en estos resultados, se seleccionó una muestra clasificada como Tipo II (CL-ML), correspondiente a suelos arcillosos de baja plasticidad, por ser representativa del material

que se pretende estabilizar. En particular, la muestra proveniente de la calicata C-5 fue escogida por presentar características geotécnicas acordes con los objetivos del estudio: índice de plasticidad de 6.49 % y contenido de finos del 52.82 %.

Debido a su representatividad y propiedades mecánicas típicas del tipo de suelo analizado, la muestra de la calicata C-5 fue utilizada en los ensayos de estabilización con los aditivos previamente seleccionados.

Tabla 16 Resultados preliminares de granulometría y límites de Atterberg

TIPO	CLASIFICACIÓN SEGÚN SUCS	DESCRIPCIÓN	CALICATAS AGRUPADAS
TIPO I	ML	Limos no plásticos o de plasticidad muy baja	C-1, C-2 y C-3
TIPO II	CL-ML	Arcilla limosa de baja plasticidad	C-5
TIPO III	SC-CM	Arena con finos arcillosos/limoso	C-4

Fuente: elaboración propia

La calicata C-5 representa un suelo con condiciones críticas, pero comunes en vías no pavimentadas rurales de la ciudad de Cusco con contenido moderado de finos, plasticidad baja y comportamiento arcilloso-limoso. Esto posibilita que los hallazgos derivados del estudio puedan aplicarse o proyectarse a condiciones reales en proyectos futuros de estabilización de caminos.

3.8 Hipótesis de la Investigación

3.8.1 Hipótesis General

H.G.1. (alternativa): Los aditivos estabilizadores, aplicados de manera individual y en interacción, influyen significativamente en el índice California Bearing Ratio de los suelos arcillosos de baja plasticidad que conforman la subrasante de las vías no pavimentadas del distrito de San Sebastián, Cusco – 2024.

H.G.1₀. (nula): Los aditivos estabilizadores, aplicados de manera individual y en interacción, no influyen significativamente en el índice California Bearing Ratio de suelo arcilloso de baja plasticidad de la subrasante de vías no pavimentadas en San Sebastián, Cusco – 2024.

3.8.2 Hipótesis Específicas

H.E.01. (alternativa): Los aditivos Proes, Con-Aid y cemento IP, así como su interacción, influyen significativamente en el índice de plasticidad del suelo arcilloso de baja plasticidad.

H.E.01₀. (nula): Los aditivos Proes, Con-Aid y cemento IP, así como su interacción, no influyen significativamente en el índice de plasticidad del suelo.

H.E.02. (alternativa): Los aditivos Proes, Con-Aid y cemento IP, así como su interacción, influyen significativamente en la densidad seca máxima del suelo arcilloso de baja plasticidad.

H.E.02₀. (nula): Los aditivos Proes, Con-Aid y cemento IP, así como su interacción, no influyen significativamente en la densidad seca máxima del suelo.

H.E.03. (alternativa): Los valores del CBR del suelo arcilloso de baja plasticidad mejoran al incorporar los aditivos Proes, Con-Aid y cemento IP, así como por efecto de su interacción, en comparación con el suelo natural.

H.E.03₀. (nula): Los valores del CBR del suelo arcilloso de baja plasticidad no presentan mejoras significativas al incorporar los aditivos Proes, Con-Aid y cemento IP, ni por efecto de su interacción, en comparación con el suelo natural.

3.9 Variables de estudio

3.9.1.1 Identificación de Variables

“Influencia de los aditivos estabilizadores en el índice California Bearing Ratio de suelos arcillosos de baja plasticidad de la subrasante de las vías no pavimentadas, Cusco – 2024”.

- ✓ V.1. (Independiente) : Aditivos estabilizadores
- ✓ V.2. (Dependiente) : Arcilla de baja plasticidad

3.9.1.2 Operacionalización de Variables

Tabla 17 Cuadro de Variables

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTOS	HERRAMIENTAS
VARIABLE INDEPENDIENTE					
V1. ADITIVOS ESTABILIZADORES	Dosificación del estabilizador PROES	Dosificación determinada del aditivo PROES	l/m ³	Formatos de laboratorio	Especificaciones Técnicas, Normas NTP
	Dosificación del estabilizador CON-AID	Dosificación determinada del aditivo CONAID	l/m ³		
	Dosificación del Cemento IP	Dosificación determinada del Cemento IP	Kg/m ³		
VARIABLE DEPENDIENTE					
V2. ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD	California Bearing Ratio (CBR)	CBR al 0.1" y 0.2"	CBR (%)	Formatos de laboratorio	Normas NTP y ASTM
	Proctor Modificado	Densidad seca máxima	(g/cm ³)		
	Índice de Plasticidad	Contenido de humedad	(%)		

Fuente: Elaboración propia (2025).

3.10 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para llevar a cabo los ensayos de laboratorio, se emplearon métodos cuantitativos que permitieron medir de manera exacta las características físico-mecánicas del suelo tratado con diferentes proporciones de los aditivos Proes, Con-Aid y Cemento IP. La información obtenida fue registrada de forma sistemática mediante fichas técnicas elaboradas específicamente para cada ensayo, lo que facilitó un control ordenado de los resultados.

Entre los instrumentos utilizados destacan:

- Balanza digital de precisión (0.01 g): utilizada para el pesaje exacto de las muestras y la determinación del contenido de humedad.
- Horno de secado: permitió extraer completamente la humedad natural presente en el suelo.
- Tamices estandarizados: empleados para realizar el análisis de la distribución granulométrica del suelo.
- Molde Proctor y martillo de compactación: fundamentales para establecer la relación entre humedad óptima y la densidad seca máxima.
- Equipo de ensayo CBR: sirvió para medir la capacidad portante del material bajo condiciones controladas.

- Prensa mecánica: utilizada en el desarrollo del ensayo de resistencia a la compresión sin confinamiento.
- Dispositivo Casagrande: fueron necesarias para evaluar los límites de Atterberg.
- Fichas técnicas y hojas de cálculo: ayudaron a organizar y procesar los datos obtenidos.

Todos los procedimientos se realizaron siguiendo las normas técnicas establecidas, tanto nacionales como internacionales, lo cual asegura la validez de los resultados y la confiabilidad de los equipos utilizados.

3.11 Validez y confiabilidad de los instrumentos

Para garantizar que los instrumentos usados en la caracterización del suelo y en los ensayos de laboratorio ofrecieran resultados confiables, se siguieron procedimientos respaldados por normas técnicas reconocidas, tanto a nivel nacional como internacional. Aplicar estas metodologías permite asegurar que los datos obtenidos sean precisos, comparables con otros estudios y repetibles en condiciones similares.

En tal sentido, se aplicaron las siguientes normas:

Normas Técnicas Peruanas (NTP):

- NTP 339.127: Contenido de humedad
- NTP 339.128: Análisis granulométrico por tamizado
- NTP 339.129: Límite Líquido
- NTP 339.130: Límite Plástico
- NTP 339.141: Ensayo Proctor modificado
- NTP 339.145: Ensayo CBR (California Bearing Ratio)
- NTP 339.167: Ensayo de compresión no confinada

Normas ASTM (American Society for Testing and Materials):

- ASTM D422: Análisis granulométrico
- ASTM D2216: Contenido de humedad
- ASTM D4318: Límites de Atterberg (líquido y plástico)
- ASTM D2487: Clasificación SUCS
- ASTM D1557: Ensayos Proctor Modificado
- ASTM D1883: Ensayo CBR
- ASTM D2166: Compresión no confinada

Normas AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials):

- AASHTO T88: Análisis granulométrico
- AASHTO T89: Límite líquido
- AASHTO T90: Límite plástico
- AASHTO M145: Clasificación AASHTO
- AASHTO T180: Proctor modificado
- AASHTO T193: Ensayo CBR
- AASHTO T208: Compresión no confinada

La aplicación de estas normas contribuye a establecer un marco técnico confiable que respalde la precisión de los instrumentos y equipos utilizados en el transcurso del desarrollo de esta investigación.

3.12 Procedimiento de recolección de datos

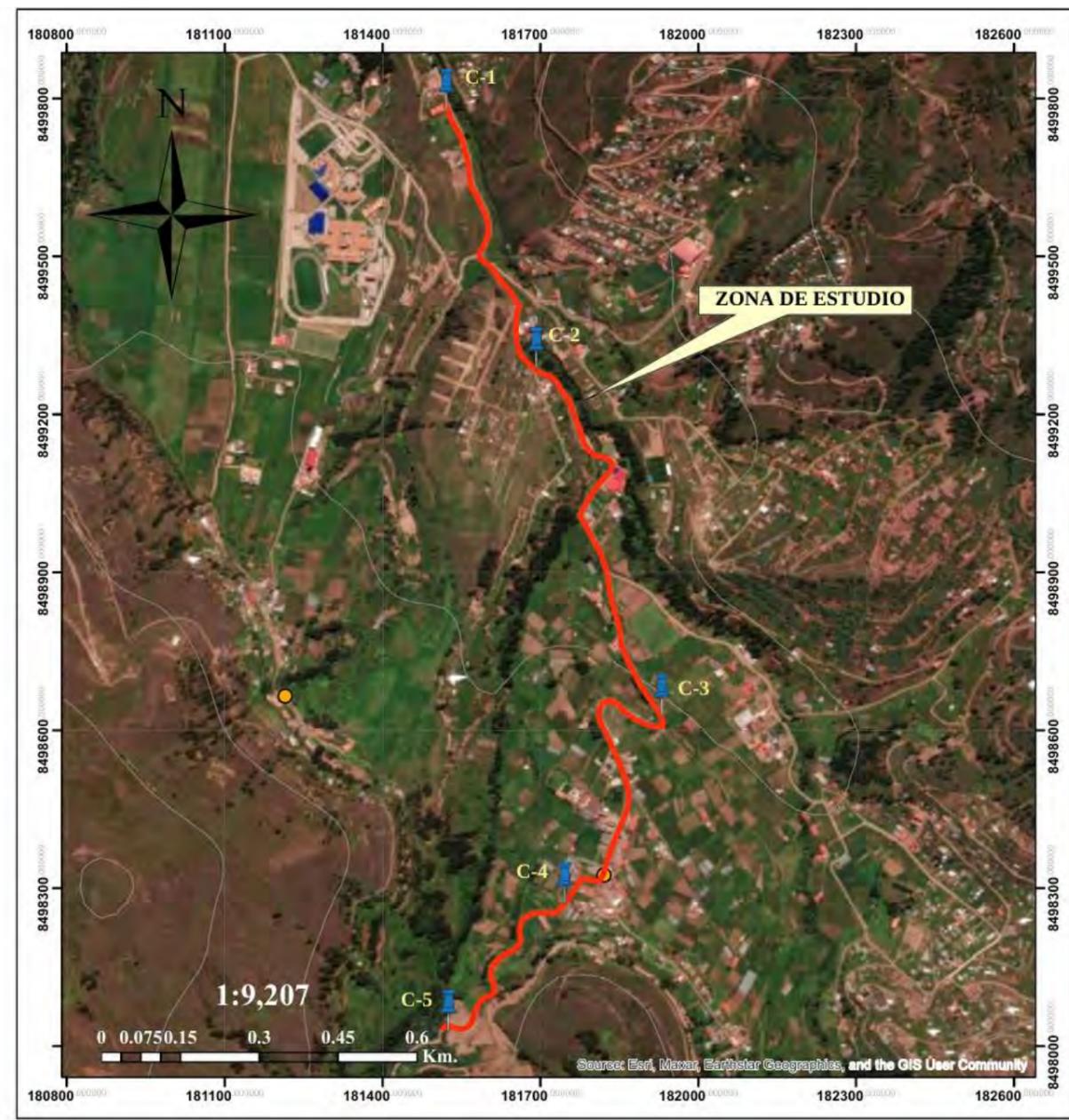
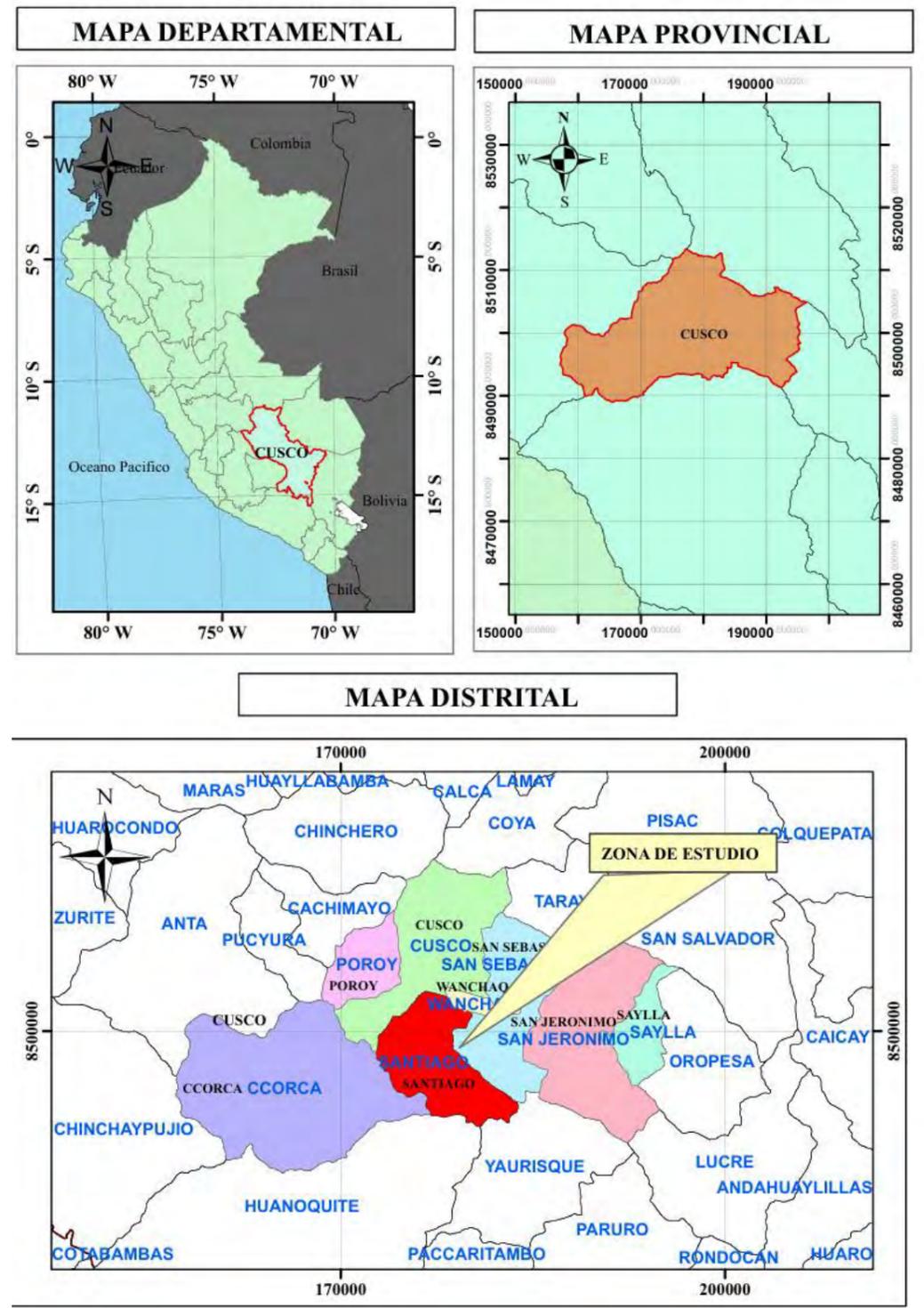
El proceso de recolección se segmentó en dos etapas: la de campo y la de laboratorio.

- En campo se realizó el reconocimiento de cinco calicatas, determinando profundidad, tipo de suelo, humedad natural y condiciones geotécnicas preliminares
- El suelo natural fue caracterizado en laboratorio (por su contenido de humedad, granulometría, límites de Atterberg, categorización SUCS y AASHTO, Proctor y CBR).
- Posteriormente, se prepararon mezclas estabilizadas con cemento IP, Proes, Conaid, y sus combinaciones, realizándose los ensayos de Proctor, CBR y Compresión simple.

3.13 Ubicación geográfica del área de investigación

El campo de investigación está situado en la comunidad de Huillcarpay, que forma parte del distrito de San Sebastián, en la provincia y región de Cusco, Perú. Este sector forma parte de la periferia urbana y rural de la ciudad del Cusco, caracterizado por terrenos destinados a actividades agrícolas y zonas de expansión urbana.

Figura N° 19 Ubicación geográfica del estudio



<p>TESIS:</p> <p>"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL INDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO - 2024"</p>			
<p>MAPA:</p> <p>MAPA DE UBICACION TRAMO AGUA BUENA - HUILLCARPAY</p>	<p>SISTEMA ZONA:</p> <p>Datum WGS 1984 Zona UTM 19S</p>	<p>PLANO:</p> <p>UBICACION</p>	
<p>DISTRITO:</p> <p>SAN SEBASTIAN</p>	<p>PROVINCIA:</p> <p>CUSCO</p>	<p>DEPARTAMENTO:</p> <p>CUSCO</p>	<p>HOJA:</p> <p>A-3</p>
<p>ELABORADO POR:</p> <p>BACH. HEINER HILARION BUSTACIA BACH. HERRAN OLFERIO OLIVERA</p>	<p>ESCALA:</p> <p>1:378,466.43</p>	<p>FECHA:</p> <p>ENERO 2026</p>	

Fuente: Elaboración propia.

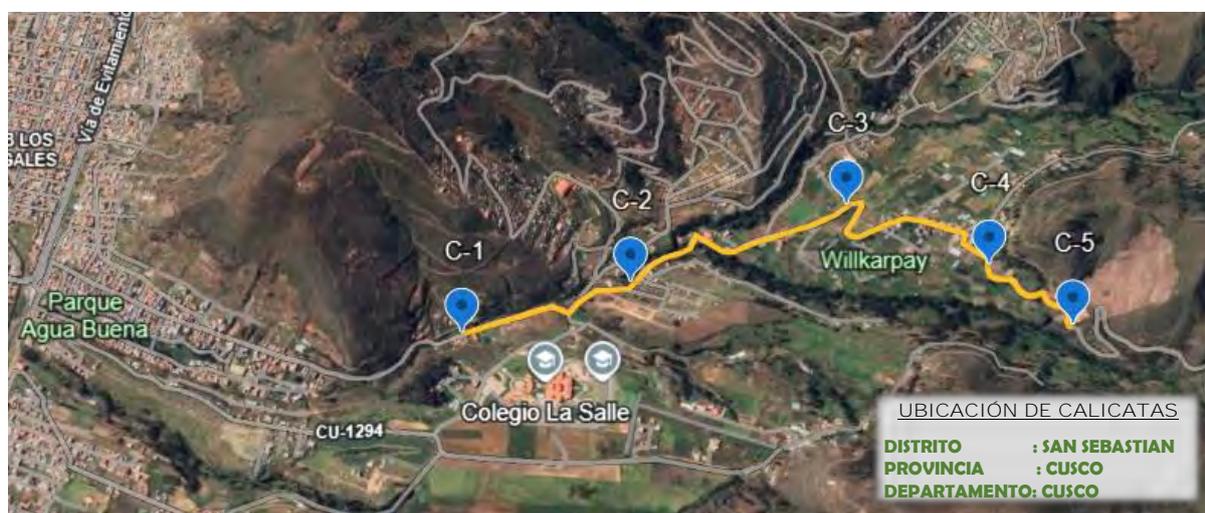
3.13.1 Descripción general de la sección de investigación

La carretera no pavimentada que se analizó en esta investigación se encuentra en la comunidad de Huillcarpay, a unos 20 minutos de Agua Buena, dentro del distrito de San Sebastián. El tramo analizado presenta una extensión cercana a los 3 kilómetros, con un ancho de calzada que oscila entre 5.50 y 6.00 metros. Esta vía pertenece a la red vial rural o vecinal, y su propósito fundamental es enlazar el centro poblado de Huillcarpay con la ciudad del Cusco.

Como parte del trabajo de campo, se realizó una visita preliminar a la zona para inspeccionar visualmente el terreno y definir los puntos más adecuados para excavar las calicatas. Durante esta inspección, se observaron los taludes y se identificaron distintos tipos de suelos según su formación geológica. Esto permitió seleccionar los sitios más representativos para la obtención de muestras. Además, se evaluaron las condiciones del suelo y se identificaron posibles riesgos asociados a las excavaciones. Para llevar a cabo el muestreo de forma segura y coordinada, se contó con el apoyo de los responsables locales. Como resultado de esta inspección, se definieron cinco puntos de exploración mediante calicatas, los cuales se detallan a continuación con imágenes referenciales.

3.13.2 Croquis de calicatas en la vía

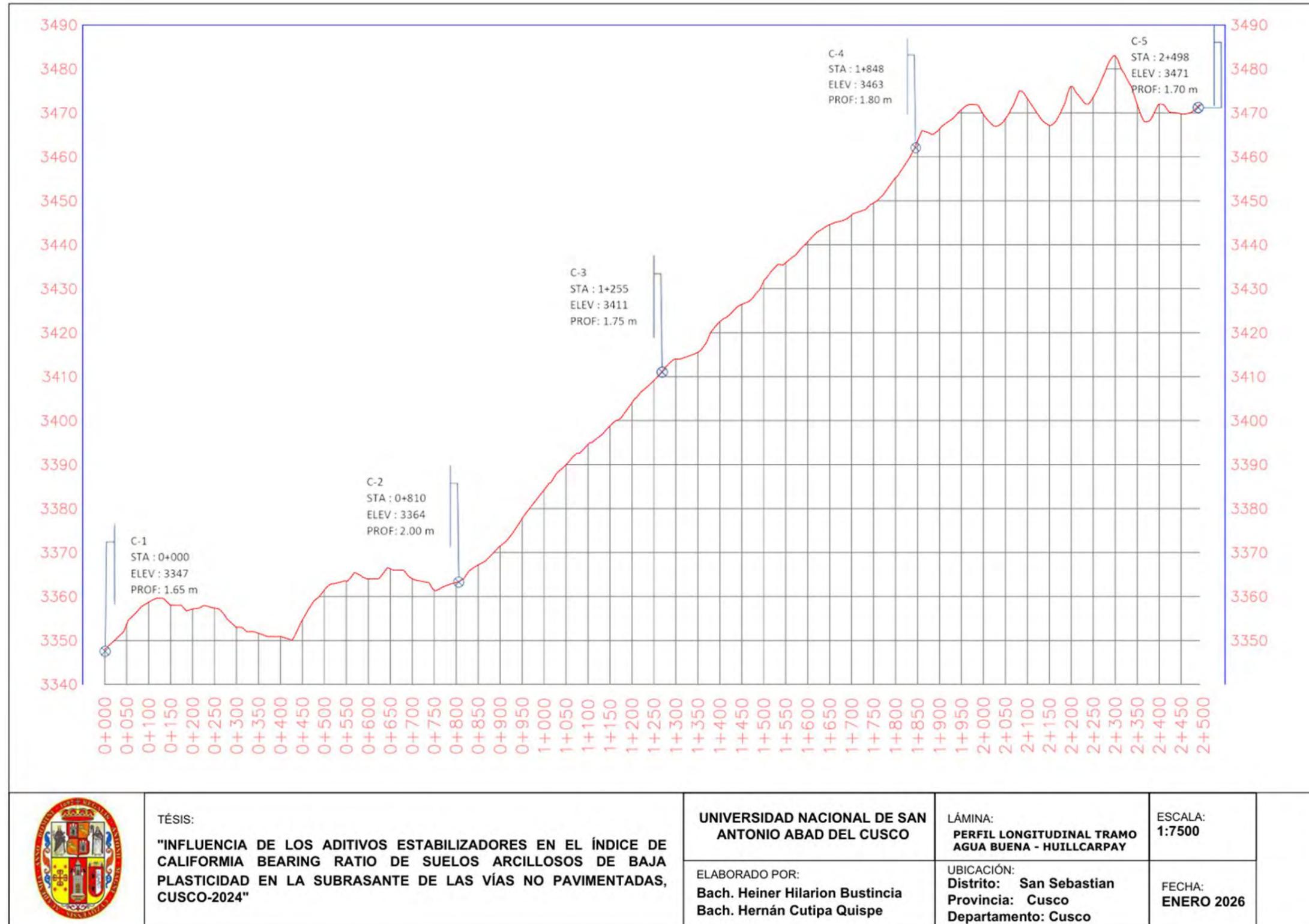
Figura N° 20 Ubicación de las calicatas en el tramo de investigación



Fuente: Elaboración propia en Google Earth.

3.13.3 Perfil longitudinal de la vía

Figura N° 21 Perfil longitudinal de ubicación de las calicatas



TÉSIS:
"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE DE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO-2024"

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

ELABORADO POR:
Bach. Heiner Hilarion Bustincia
Bach. Hernán Cutipa Quispe

LÁMINA:
PERFIL LONGITUDINAL TRAMO AGUA BUENA - HUILLCARPAY

UBICACIÓN:
Distrito: San Sebastian
Provincia: Cusco
Departamento: Cusco

ESCALA:
1:7500

FECHA:
ENERO 2026

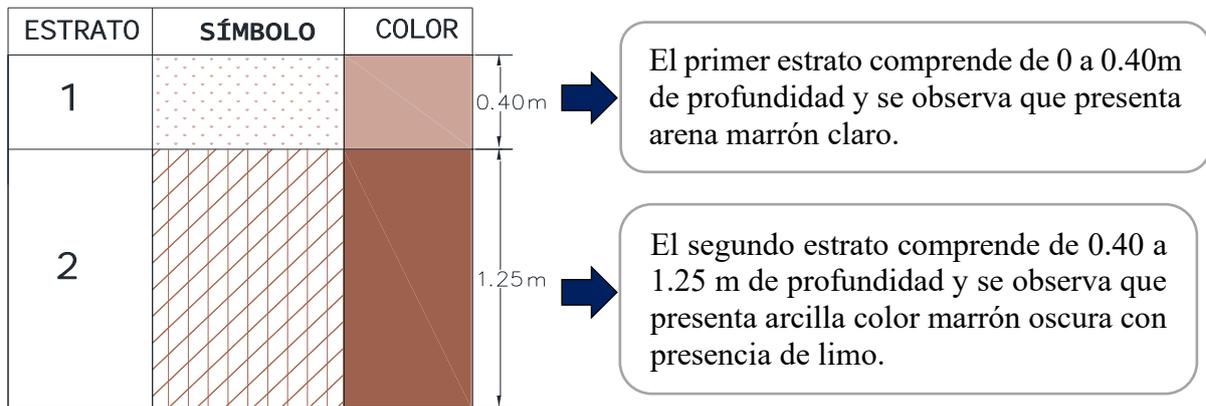
Fuente: Elaboración propia.

3.13.4 Estratigrafía del suelo

Se empleó una retroexcavadora para realizar la excavación de las calicatas, ya que el estudio no requería obtener muestras inalteradas. En total se realizaron 05 calicatas. La localización y excavación de estas 05 calicatas se llevó a cabo de manera alternada, con una distancia aproximada de 600 metros entre cada una alcanzando la profundidad mínima establecida para carreteras de 1.5m según lo establece la MTC. Las muestras extraídas de cada calicata inicialmente fueron colocadas en costales cada una con un peso promedio de 10 kilos cada uno y codificadas que servirán para determinar las propiedades del suelo.

CALICATA – 01

La primera calicata se encuentra en la progresiva 0+500 km de la carretera de Huilcarpay a una profundidad de 1.65 m y presenta 2 estratos:



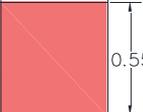
Fotografía N° 1 Excavación y obtención de muestra- calicata 01



Fuente: Elaboración propia.

CALICATA – 02

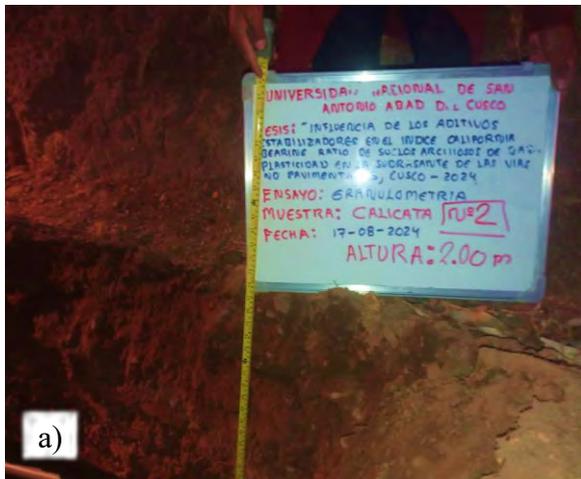
La segunda calicata se encuentra ubicada en la progresiva 1+000 km de la carretera de Huillcarpay a una profundidad de 2.00 m y presenta 2 estratos:

ESTRATO	SÍMBOLO	COLOR	Profundidad
1			0.55 m
2			1.45 m

El primer estrato comprende de 0.55m de profundidad y se observa que presenta arcilla color rojo.

El segundo estrato comprende de 0.55 a 1.45 m de profundidad y se observa que presenta arcilla color marrón oscura con presencia de limo.

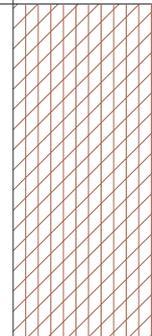
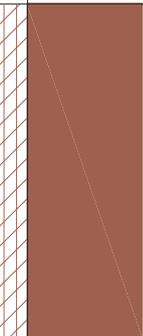
Fotografía N° 2 Excavación y obtención de muestra - calicata 02



Fuente: Elaboración propia.

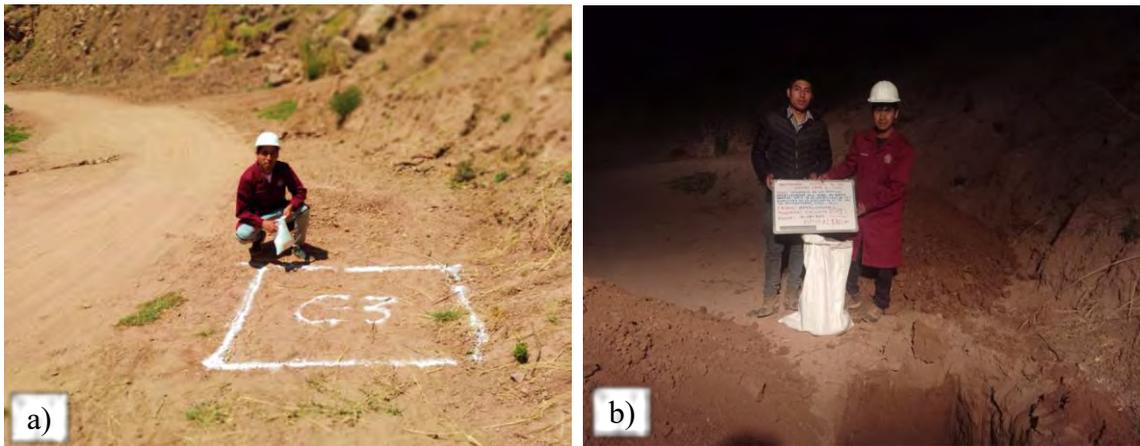
CALICATA – 03

La tercera calicata se encuentra ubicada en la progresiva 1+500 km de la carretera de Huillcarpay a una profundidad de 1.75 m y presenta 1 estrato:

ESTRATO	SÍMBOLO	COLOR	Profundidad
1			1.75 m

El estrato comprende de 0 a 1.75 m de profundidad y se observa que presenta arcilla color marrón con presencia de limo.

Fotografía N° 3 Excavación y obtención de muestra - calicata 03



Fuente: Elaboración propia.

CALICATA – 04

La cuarta calicata se encuentra ubicada en la progresiva 2+000 km de la carretera de Huillcarpay a una profundidad de 1.80 m y presenta 2 estratos:

ESTRATO	SÍMBOLO	COLOR	Profundidad
1			0.25m
2			1.55m

El primer estrato comprende de 0 a 0.25m de profundidad y se observa que presenta arena con limo color marrón amarillento.

El segundo estrato comprende de 0.25 a 1.55m de profundidad y se observa que presenta arena con presencia de arcilla color marrón claro.

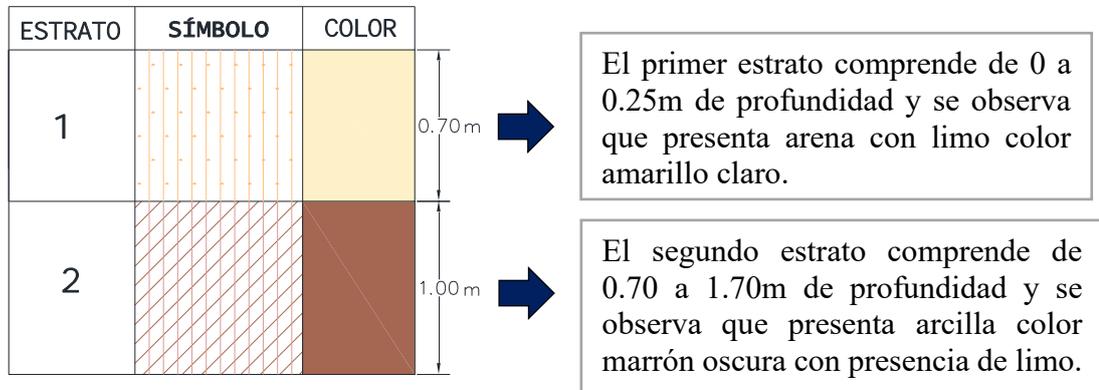
Fotografía N° 4 Excavación y obtención de muestra - calicata 04



Fuente: Elaboración propia.

CALICATA – 05

La quinta calicata se encuentra ubicada en la progresiva 2+500 km de la carretera de Huillcarpay a una profundidad de 1.70 m y presenta 2 estratos:



Fotografía N° 5 Excavación y obtención de muestra calicata - 05



Fuente: Elaboración propia.

3.14 Diseño experimental

3.14.1 Factores y niveles

Tabla 18 Factores del DOE

Factores (Variables de Entrada)
A: Aditivo cemento IP
B : Aditivo Proes
C : Aditivo Con-Aid

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 19 Niveles del DOE

FACTOR	DESCRIPCIÓN	NIVELES	
		Nivel bajo (-)	Nivel bajo (+)
A	Aditivo cemento IP	0.5%	1.5%
B	Aditivo Con-Aid	0.01%	0.03%
C	Aditivo Proes	0.01%	0.03%

Fuente: Elaboración Propia

3.14.1 Tratamientos

Los tratamientos representan las distintas combinaciones de niveles de los factores aplicados al suelo. En esta investigación, se consideraron tres factores: Proes, Con-Aid y cemento IP. Cada uno de estos aditivos se aplicó en dos niveles

Estas combinaciones generan un diseño factorial $2^3 = 8$ tratamientos. Cada tratamiento representa una mezcla específica del suelo natural con diferentes proporciones de los estabilizantes mencionados. Este diseño permite analizar tanto los efectos individuales, así como evaluar cómo la combinación conjunta de los tres estabilizantes puede influir en el comportamiento físico-mecánico del material arcilloso.

Tabla 20 Lista de tratamientos

Orden Establecido	Orden Corrida	Punto Central	Bloques	Proes	Conaid	Cemento
5	1	0	1	0.01%	0.03%	0.5%
8	2	0	1	0.03%	0.03%	1.5%
3	3	0	1	0.03%	0.01%	0.5%
1	4	0	1	0.01%	0.01%	0.5%
6	5	0	1	0.01%	0.03%	1.5%
7	6	0	1	0.03%	0.03%	0.5%
2	7	0	1	0.01%	0.01%	1.5%
4	8	0	1	0.03%	0.01%	1.5%

Nota: la tabla está compuesta con las 8 combinación de tratamientos elaborado con la ayuda del software Minitab. Fuente: Elaboración propia

Tabla 21 *Efectos principales e interacciones mediante análisis estadístico*

Total	Efectos Principales			Efectos de interacción			
	cemento IP (A)	Proes (B)	Conaid (C)	C*A	C*B	A*B	C*A*B
(I)	-	-	-	+	+	+	-
C	+	-	-	-	-	+	+
A	-	+	-	-	+	-	+
C*A	+	+	-	+	-	-	-
B	-	-	+	+	-	-	+
C*B	+	-	+	-	+	-	-
A*B	-	+	+	-	-	+	-
C*A*B	+	+	+	+	+	+	+

Nota: Estos signos no significan si el efecto es bueno o malo, solo indican qué nivel se está usando en cada tratamiento y se mantienen iguales sin importar si el efecto sale positivo o negativo en los resultados. Fuente: Elaboración propia

3.14.2 Número de réplicas

Cada tratamiento fue replicado tres veces para asegurar la confiabilidad de los resultados y permitir un análisis estadístico adecuado (ANOVA). En total, se realizaron 24 muestras (8 tratamientos \times 3 repeticiones), cumpliendo así con los requisitos mínimos de replicabilidad en diseño experimental.

Tabla 22 *Lista de tratamientos con replicas*

Orden Establecido	Orden Corrida	Punto Central	Bloques	Cemento	Proes	Conaid
5	1	0	1	0.50%	0.01%	0.03%
24	2	0	1	1.50%	0.03%	0.03%
9	3	0	1	0.50%	0.01%	0.01%
20	4	0	1	1.50%	0.03%	0.01%
15	5	0	1	0.50%	0.03%	0.03%
13	6	0	1	0.50%	0.01%	0.03%
16	7	0	1	1.50%	0.03%	0.03%
22	8	0	1	1.50%	0.01%	0.03%
11	9	0	1	0.50%	0.03%	0.01%
21	10	0	1	0.50%	0.01%	0.03%
8	11	0	1	1.50%	0.03%	0.03%
14	12	0	1	1.50%	0.01%	0.03%
2	13	0	1	1.50%	0.01%	0.01%
7	14	0	1	0.50%	0.03%	0.03%
17	15	0	1	0.50%	0.01%	0.01%
12	16	0	1	1.50%	0.03%	0.01%
3	17	0	1	0.50%	0.03%	0.01%
10	18	0	1	1.50%	0.01%	0.01%
6	19	0	1	1.50%	0.01%	0.03%
19	20	0	1	0.50%	0.03%	0.01%
18	21	0	1	1.50%	0.01%	0.01%
4	22	0	1	1.50%	0.03%	0.01%
1	23	0	1	0.50%	0.01%	0.01%
23	24	0	1	0.50%	0.03%	0.03%

Nota: la tabla está compuesta con 3 réplicas elaborado con la ayuda del software Minitab.

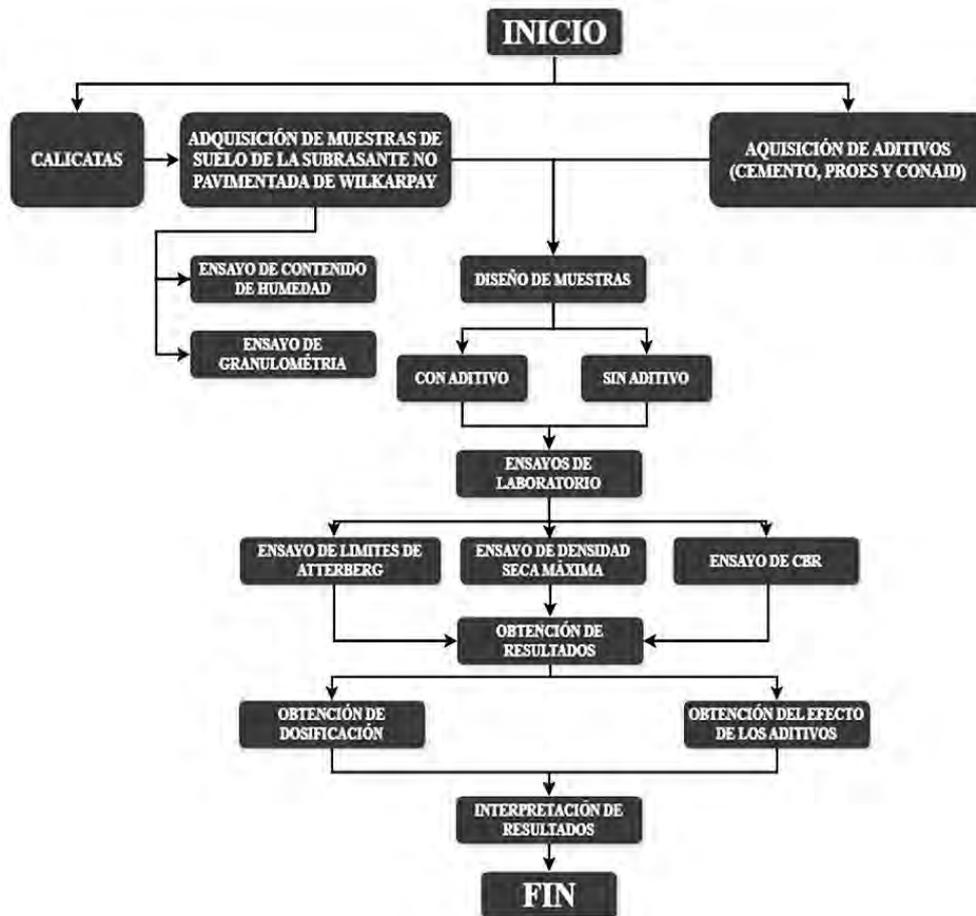
Fuente: Elaboración propia

3.14.3 Justificación del diseño

El diseño factorial de dos niveles para tres factores se seleccionó por su eficiencia para evaluar no solo los efectos principales de cada estabilizante, sino también las interacciones entre ellos. Además, permite identificar combinaciones óptimas en la mejora del suelo con un número manejable de ensayos, haciendo el estudio viable tanto técnica como económicamente.

3.15 Flujograma de la metodología de investigación

Figura N° 22 Flujograma de investigación



Fuente: Elaboración propia

3.16 Ensayos de laboratorio para la recolección de datos

3.16.1 Ensayo de laboratorio

Para determinar la clasificación del suelo según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), primero se efectúa un estudio de la distribución granulométrica mediante tamices. Luego, se identifican los valores correspondientes al límite líquido (LL) y al límite plástico (LP), los cuales son fundamentales para definir su tipo.

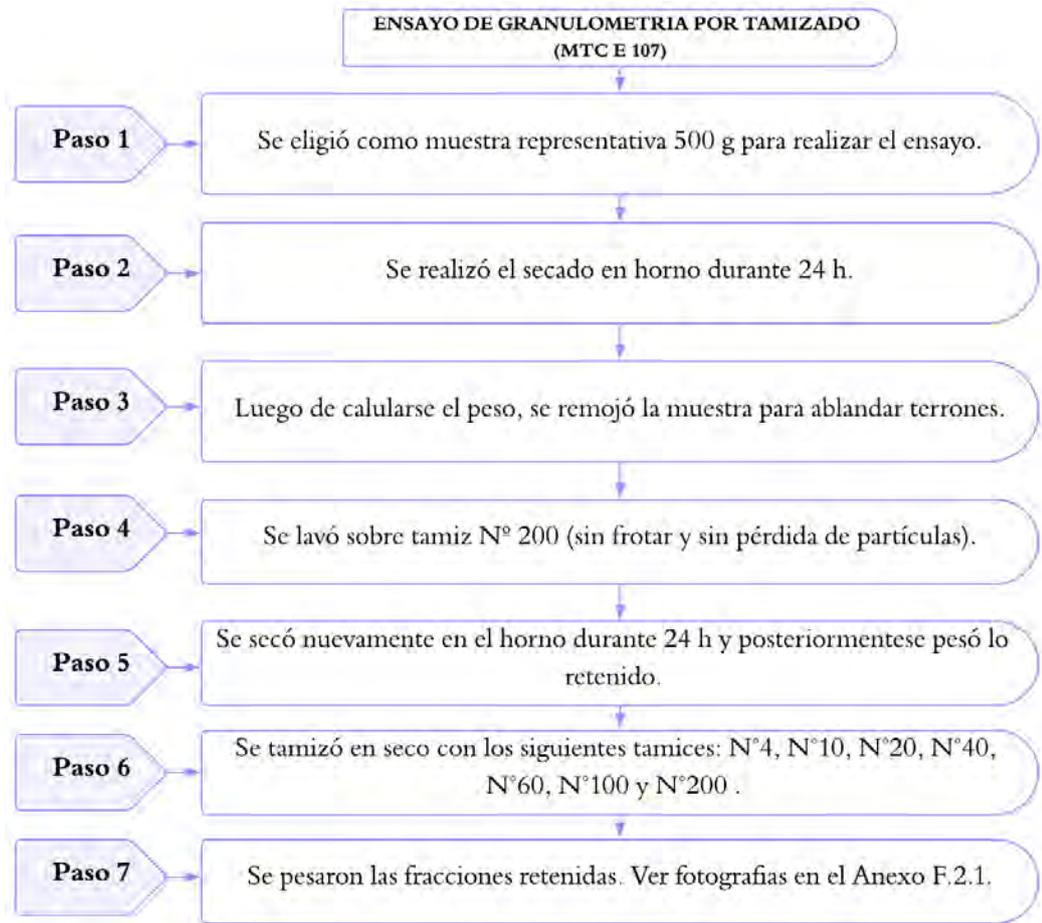
3.16.1.1 Ensayo de granulometría por tamizado

La norma MTC E 107 explica cómo se determina el porcentaje de material que pasa por cada tamiz de la serie empleada en el ensayo, incluyendo el tamiz de 74 mm (N° 200).

Equipos y materiales: Serie de tamices, balanza, recipientes, capsulas y una escobilla.

Como no hubo retención considerable en la malla N° 4 ya no se hizo análisis por fracción retenida en tamices (3", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 3/8", N° 4).

Diagrama N° 1 Procedimientos para el ensayo granulométrico



Fuente: Elaboración propia.

Cálculos:

Se realiza el cálculo del porcentaje del material que pasa por el tamiz N° 200 mediante la siguiente formula:

$$\%Pasa\ N^{\circ}\ 200 = \frac{Peso\ total - Peso\ retenido\ N^{\circ}200}{Peso\ total}$$

$$\%pasa = 100 - \%Retenido\ acumulado$$

Además, se determina el porcentaje retenido en cada tamiz y los porcentajes que se incrementan utilizando las siguientes ecuaciones:

$$\%Retenido = \frac{Peso\ retenido\ en\ el\ tamiz}{Peso\ total} \times 100$$

Una vez establecidos estos datos, ejecuta el gráfico que muestra la distribución uniforme entre los puntos.

Fotografía N° 6 Tamizado mecánico de las muestras



Fuente: Elaboración propia.

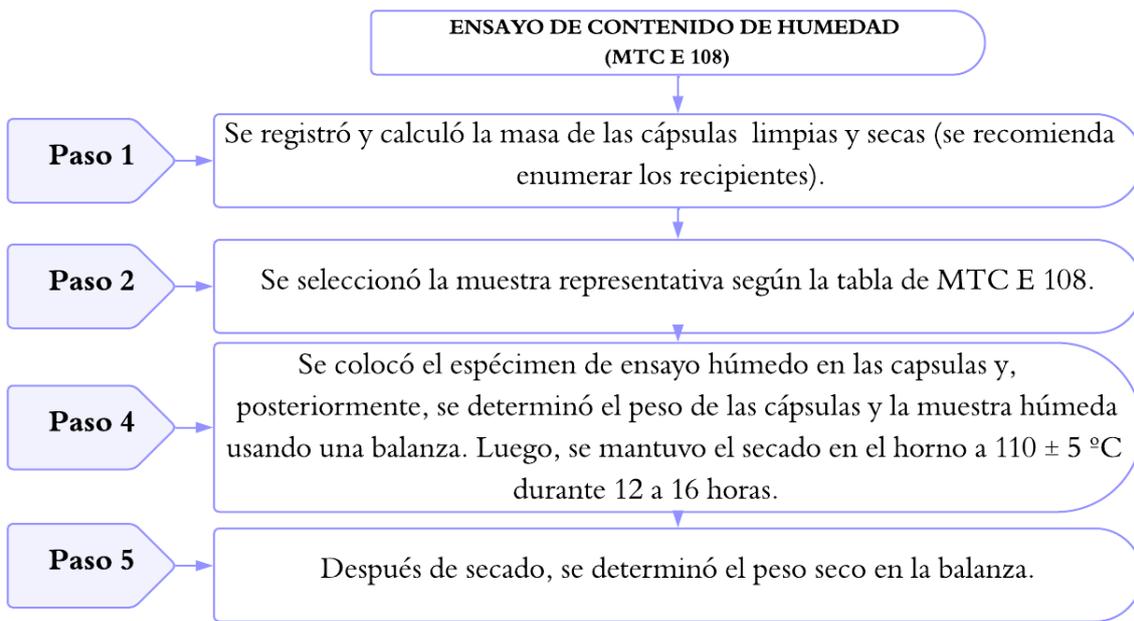
3.16.1.2 Ensayo de Contenido de Humedad

Según lo establecido en la norma MTC E 108, se aplica un procedimiento específico para determinar la cantidad de humedad existente en las muestras de suelo extraídas de las calicatas.

La cantidad mínima de suelo húmedo considerada como representativa se definió conforme a lo indicado en dicha norma, la cual establece que no debe ser inferior a 20 gramos para asegurar su validez.

Procedimiento:

Diagrama N° 2 Procedimiento para el ensayo de contenido de humedad



Fuente: Elaboración propia.

Cálculos:

$$W(\%) = \frac{\text{Contenido de agua}}{\text{Peso de la muestra seca}} \times 100$$

Donde:

W (%): Contenido de Humedad de la muestra.

Fotografía N° 7 Colocación de capsulas en el horno para humedad



Fuente: Elaboración propia.

3.16.1.3 Ensayo de límite líquido

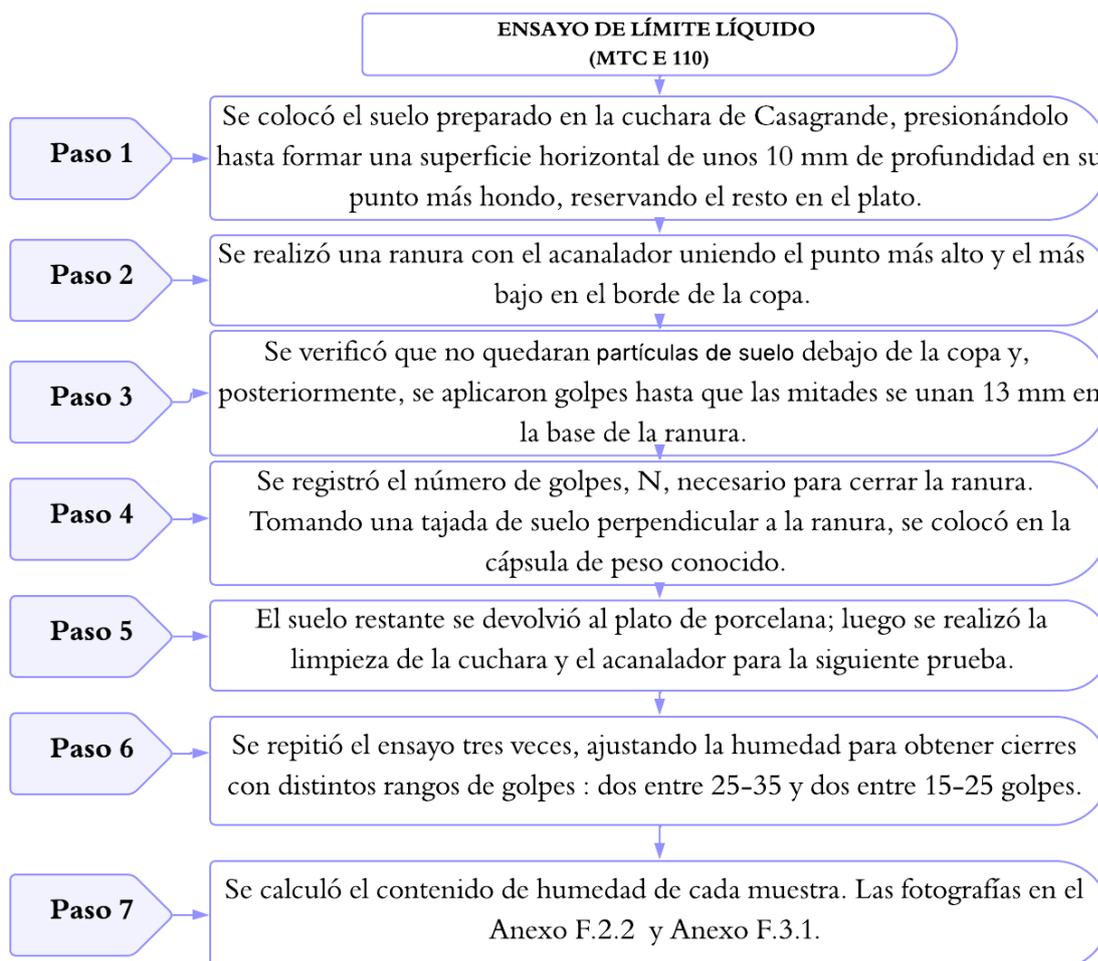
El procedimiento se ejecutó conforme a lo establecido en la norma MTC E-110, esencial para determinar la clasificación del suelo según los sistemas SUCS y AASHTO, con especial atención a la caracterización de las fracciones más finas del material.

Los instrumentos empleados incluyeron: tamiz N°40, cápsulas de pesaje, balanza digital precisa, horno de secado, cuchara de Casagrande, plato de porcelana y acanalador.

Para el ensayo se utilizó una porción representativa del suelo, con un peso entre 150 y 200 gramos, compuesta exclusivamente por el material que logró pasar por el tamiz N°40, asegurando el análisis específico de las partículas finas.

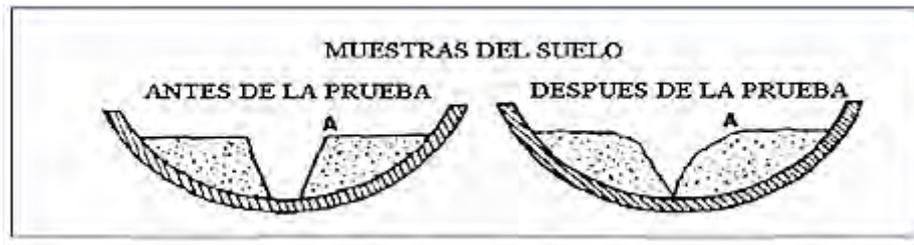
Procedimiento:

Diagrama N° 3 Procedimiento para el ensayo límite líquido



Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 23 Muestra de suelo antes y después de N de golpes para LL



Nota: En la imagen se puede observar el comportamiento de la muestra por efecto de N de golpes. Fuente: Ministerio de transportes y comunicaciones (2016).

Cálculos:

El límite líquido (LL) se obtuvo mediante el método gráfico de Casagrande, interpolando el contenido de agua correspondiente a 25 golpes.

Fotografía N° 8 Proceso de ensayo de LL para las calicatas



Fuente: Elaboración propia.

3.16.1.4 Ensayo de límite plástico

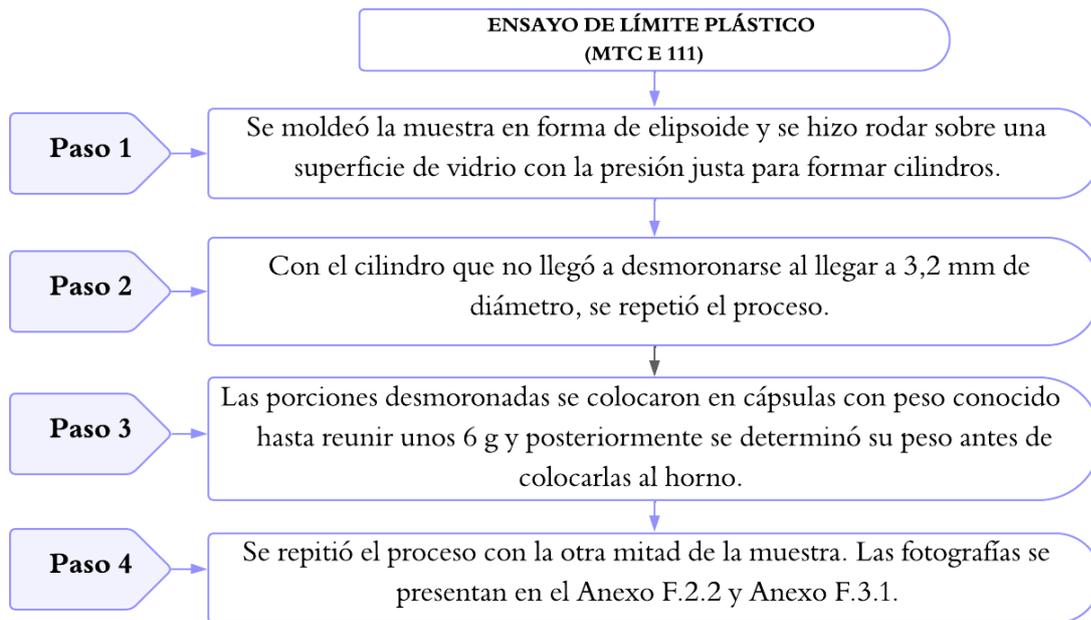
Este ensayo fue ejecutado conforme a la norma MTC E-111, complementando el límite líquido para clasificar suelos finos según los sistemas SUCS y AASHTO.

Equipos empleados: tamiz N°40, vidrio, cápsulas, balanza y horno.

Se usó una muestra representativa de 20 g de suelo fino (pasante del tamiz N°40). Ambos límites (líquido y plástico) se realizaron en paralelo, trabajando con aproximadamente 15 g de suelo humedecido y amasado, siguiendo el procedimiento establecido por MTC E-110.

Procedimiento:

Diagrama N° 4 Procedimiento para el ensayo límite plástico



Fuente: Elaboración propia.

Se estableció el límite plástico utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Límite Plástico} = \frac{\text{Peso de Agua}}{\text{Peso de Suelo Seco al Horno}} \times 100$$

Tras determinar el límite líquido y el límite plástico, se estableció el índice de plasticidad, que representa la diferencia entre ambos límites.

$$\text{Índice Plasticidad} = \text{Límite Líquido} - \text{Límite Plástico}$$

Fotografía N° 9 Procedimientos del ensayo de límite plástico



Fuente: Elaboración propia.

3.16.1.5 Ensayo de Proctor Modificado

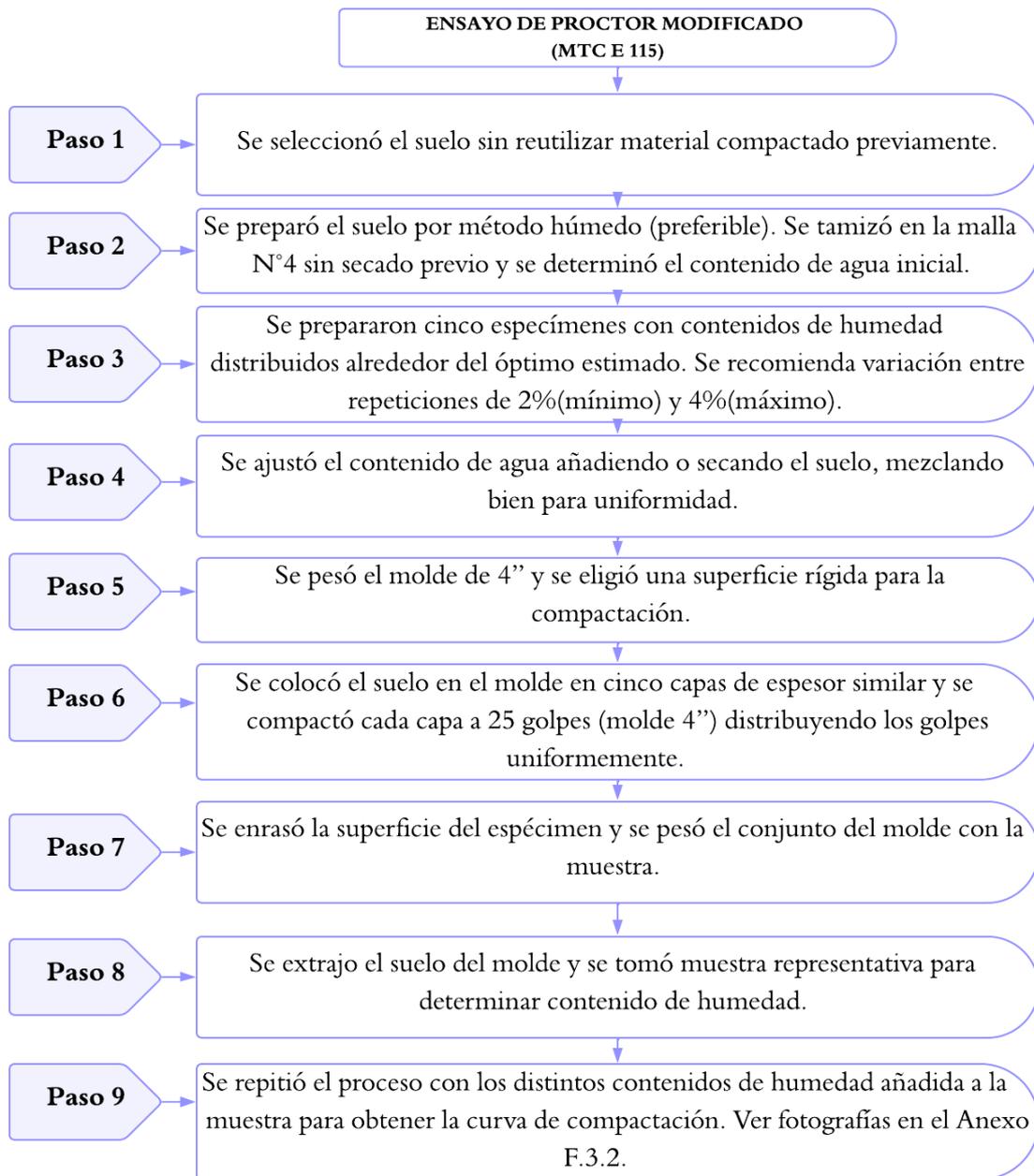
Este ensayo tuvo como finalidad identificar la relación entre la humedad y la densidad seca del suelo, con el fin de establecer su nivel óptimo de compactación. Para su ejecución, se siguieron los criterios técnicos de la norma MTC E-115, seleccionando el procedimiento más adecuado en función del análisis granulométrico previamente realizado.

Los instrumentos utilizados incluyeron un tamiz de $\frac{3}{4}$ de pulgada, un molde cilíndrico de 4 pulgadas de diámetro, un pisón manual, enrasador metálico, mazo de goma, probeta, cucharón, cápsulas de muestreo, una balanza de precisión y un horno para secado.

Según la normativa mencionada, se recomienda usar aproximadamente 16 kg de suelo seco cuando se aplica el método A o B, y cerca de 29 kg si se opta por el método C. En este estudio, se seleccionó el método A, utilizando el molde de 4 pulgadas como base para la compactación del suelo.

Procedimiento de ensayo:

Diagrama N° 5 Procedimiento para el ensayo Proctor modificado



Nota: El procedimiento para suelo estabilizada se realiza previamente el curado suelo aditivo y en el suelo cemento se requiere mayor humedad. Fuente: Elaboración propia.

Determinación de densidad húmeda(a) y densidad seca (b):

$$a) \quad \rho m = \frac{Wt - Wmd}{V} \qquad b) \quad \rho d = \frac{\rho m}{1 + W(\%)}$$

Donde:

ρm : Corresponde a la densidad húmeda (g/cm³).

Wt: Corresponde al peso de la muestra compactada más el Molde (g).

Wmd: Corresponde al peso del Molde (g).

ρ_d : Corresponde a la densidad seca (g/cm³).

Fotografía N° 10 Procedimientos de ensayo Proctor modificado



Fotografías complementarias



Fuente: Elaboración propia.

3.16.1.6 Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)

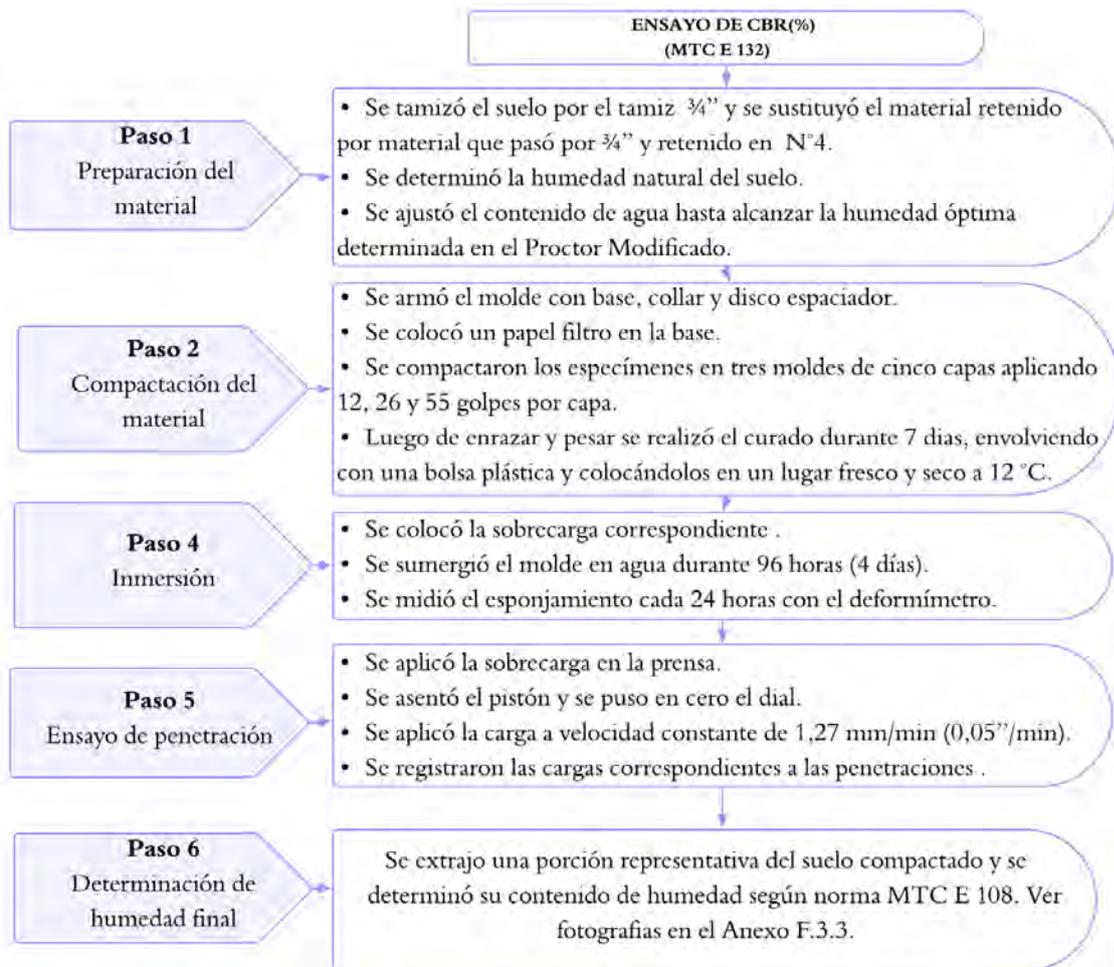
De acuerdo con lo establecido en la norma MTC E-132, este procedimiento de laboratorio permite evaluar el Índice CBR en suelos destinados a cumplir funciones como subrasante, subbase o base en estructuras de pavimentación vial.

Instrumentos utilizados: Tamiz de $\frac{3}{4}$ pulgadas, molde de 15cm de diámetro, martillo de goma, enrazador metálico, combo de goma, probeta, cucharón, capsulas, balanza y horno.

La Muestra necesaria que se utilizó por cada molde es aproximadamente 5 kg según lo que indica MTC E 132.

Procedimiento de ensayo:

Diagrama N° 6 Procedimientos para el ensayo CBR



Nota: Se recomienda reposar la dosificación del suelo con aditivos mínimo de 4 horas (tiempo mínimo de reacción suelo aditivo), los procedimientos de ensayo CBR es el mismo.

Fuente: Elaboración propia.

Recopilación y manejo de datos: Se procedió a calcular el valor del CBR utilizando las cargas estándar correspondientes a penetraciones de 2.5 mm y 5.0 mm. A partir de estos datos, se elaboró un gráfico que permitió obtener los valores de CBR para niveles de compactación del 100% y del 95%. Finalmente, se seleccionó el valor más alto entre ambos (2.5 mm y 5.0 mm), salvo en los casos en los que el CBR correspondiente a los 5.0 mm resultara mayor al de 2.5 mm, en cuyo caso se repitió el ensayo para asegurar la validez del resultado.

Formula:

$$CBR(\%) = \frac{\text{Carga de muestra}}{\text{Carga estandar}} * 100$$

Fotografía N° 11 Preparación y compactación de las muestras



Fotografías complementarias



Fuente: Elaboración propia.

3.16.1.7 Ensayo de compresión no confinada

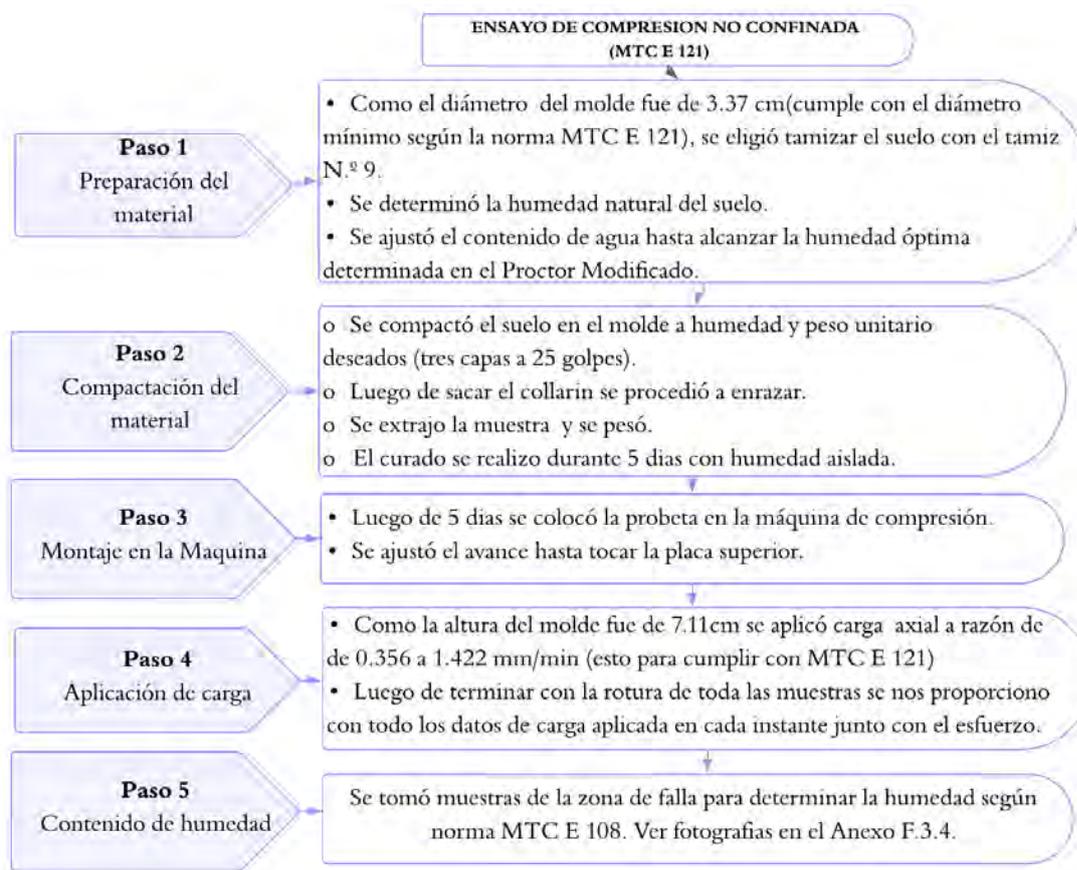
El objetivo principal de utilizar la prueba de compresión no confinada (MTC E 121) fue de obtener de manera rápida el valor aproximado de la resistencia a la compresión del suelo que obtuvo como muestra para ser ensayados sin confinamiento.

Equipos y materiales: Tamiz N° 40", molde metálico Wilson-Harvard de compactación de 3.3 cm de diámetro, martillo de compactación, pisón metálico, regla metálica, combo de goma, capsulas, balanza y horno.

La cantidad de muestra representativa necesaria por molde que se utilizó fue de 135 g.

Procedimiento de ensayo:

Diagrama N° 7 Procedimiento para el ensayo compresión no confinada



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía N° 12 Dosificación de las muestras con cemento IP, Proes y Con-Aid.



Fuente: Elaboración propia.

3.17 Validez y confiabilidad de instrumentos

Los equipos utilizados para evaluar y caracterizar el suelo estabilizado fueron seleccionados siguiendo estándares reconocidos internacionalmente, como los propuestos por

ASTM, AASHTO y NTP. Esto garantiza que los procedimientos aplicados sean confiables y técnicamente válidos. Ensayos como el Proctor modificado, el CBR y la compresión no confinada fueron especialmente elegidos por su eficacia y aceptación en la ingeniería geotécnica, ya que permiten obtener datos clave sobre la densidad, la resistencia y la capacidad de soporte del suelo.

En cuanto a la seguridad, los dispositivos empleados en los ensayos fueron previamente calibrados y operados bajo condiciones controladas de laboratorio. Además, se realizaron repeticiones de pruebas en distintas muestras del mismo tipo de suelo, obteniéndose resultados consistentes, lo cual respalda la fiabilidad de los instrumentos y del procedimiento experimental aplicado.

3.18 Análisis de datos

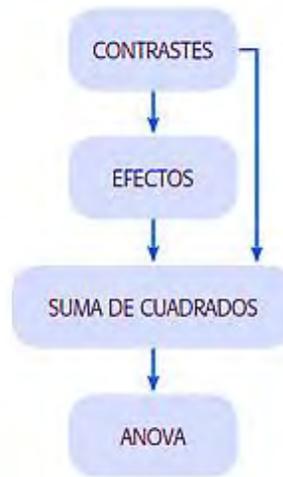
El estudio de los datos recabados tuvo como propósito identificar cómo influyeron los diferentes aditivos estabilizadores en el comportamiento mecánico de suelos arcillosos de baja plasticidad, empleados como subrasante en vías sin pavimentar en la región del Cusco. Para ello, se organizó cuidadosamente toda la información recolectada durante los trabajos de campo y los ensayos de laboratorio. Esta organización se llevó a cabo utilizando programas como Microsoft Excel, que facilitó la sistematización y estructuración de los resultados, y Minitab, que permitió un tratamiento estadístico más preciso.

Una vez ordenados los datos, se procedió a realizar un análisis descriptivo que permitió conocer mejor las principales características del suelo, tales como el contenido de humedad, la densidad seca máxima y la humedad óptima, determinados a través del ensayo Proctor modificado. También se evaluaron los valores del CBR antes y después de la aplicación de los estabilizantes. Toda esta información fue resumida utilizando medidas estadísticas como promedios, medianas, rangos y desviaciones estándar. Además, se representó visualmente mediante gráficos de barras, diagramas de caja e histogramas, lo cual ayudó a interpretar de forma más clara los efectos generados por cada aditivo en el suelo.

De igual forma, se compararon los resultados entre el suelo natural, sin ninguna intervención, y los suelos tratados con diferentes combinaciones de aditivos. Este contraste fue esencial para entender qué tipo de estabilización ofrecía una mejora más significativa en la capacidad de soporte del terreno. Finalmente, para verificar si las diferencias encontradas eran

relevantes desde el punto de vista estadístico, se aplicaron pruebas de análisis de varianza (ANOVA), especialmente en los casos donde se comparaban más de dos tratamientos distintos.

Figura N° 24 Procedimiento para el análisis ANOVA



Fuente: Gutierrez & de la Vara (2008).

Finalmente, los resultados serán interpretados con base en los objetivos específicos e hipótesis de la investigación. Este análisis permitirá determinar cuáles aditivos resultan más eficaces para optimizar el rendimiento mecánico de los suelos arcillosos de baja plasticidad, contribuyendo así a una mejor decisión en proyectos de estabilización de vías no pavimentadas.

CAPITULO 4: RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Reconocimiento inicial del terreno y selección de muestra representativa

Tabla 23 Clasificación del suelo de las calicatas según el método SUCS

CALICATA	PORCENTAJE (%) QUE PASA EL TAMIZ N° 200	LÍMITE LÍQUIDO LL(%)	ÍNDICE DE PLASTICIDAD IP(%)	CLASIFICACIÓN POR METODO SUCS
C-1	80.90	23.48	0.62	ML
C-2	87.70	25.23	1.68	ML
C-3	88.47	29.50	5.82	ML
C-4	44.24	27.86	5.95	SC-SM
C-5	52.82	26.99	6.49	CL-ML

Nota: Los resultados se obtuvieron con los datos de análisis granulométrico y los límites de Atterberg. Fuente: Elaboración propia

Las calicatas C-1, C-2 y C-3 presentan altos porcentajes de finos (más del 80% pasa el tamiz N°200), lo cual indica suelos predominantemente finos, con tendencia a comportarse como limos o arcillas. Las calicatas C-4 y C-5 tienen un contenido significativamente menor

de finos (44.24% y 52.82%, respectivamente), lo que sugiere suelos más arenosos. En cuanto al límite líquido y al índice de plasticidad, se observa que los suelos de C-1 y C-2 tienen plasticidades muy bajas ($IP < 2\%$), lo cual es característico de limos inorgánicos de baja plasticidad (ML). La calicata C-3, a pesar de tener alto contenido de finos, muestra una mayor plasticidad, lo que la ubica en la clasificación CL-ML, indicando una mezcla de limo y arcilla con plasticidad reducida. La calicata C-4 fue clasificada como SC-SM, lo cual sugiere un suelo arenoso con presencia de finos arcillosos y limosos, mientras que C-5 es CL-ML, representando un comportamiento intermedio entre limo y arcilla.

La mayoría de los suelos analizados presentan características que los ubican como materiales de baja plasticidad, adecuados para estabilización con aditivos. Sin embargo, el suelo de la calicata C-4, por su menor contenido de finos y su clasificación SC-SM, podría tener un comportamiento diferente al momento de aplicar tratamientos estabilizantes.

Tabla 24 *Clasificación del suelo por método AASHTO de las calicatas*

CALICATA	LÍMITE LÍQUIDO (%)	LÍMITE PLÁSTICO (%)	ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	CLASIFICACIÓN POR METODO AASHTO
C-1	23.48	22.87	0.62	A-4 (0)
C-2	25.23	23.55	1.68	A-4 (1)
C-3	29.50	23.68	5.82	A-4 (5)
C-4	27.86	21.92	5.95	A-4 (0)
C-5	26.99	20.50	6.49	A-4 (1)

Fuente: Elaboración propia

Todos los suelos evaluados pertenecen al grupo A-4, lo cual indica que se trata de suelos limosos o suelos finos no plásticos o de baja plasticidad, generalmente pobres para subrasantes de las carreteras. El índice de grupo, que aparece entre paréntesis, varía entre 0 y 5. Este índice permite refinar la clasificación AASHTO: a mayor número, menor es la calidad de soporte. Las calicatas C-1 y C-4 tienen un índice de grupo de 0, lo que sugiere que, dentro de los suelos A-4, son los que presentan mejor comportamiento como subrasante. En cambio, C-3, con un índice de grupo de 5, es el que tiene el comportamiento menos favorable, posiblemente debido a su mayor índice de plasticidad.

Según el método AASHTO, todos los suelos pertenecen a la misma familia de clasificación (A-4), pero el índice de grupo permite discriminar entre ellos. Esta información es clave para priorizar combinaciones de aditivos en función del comportamiento inicial del suelo.

Tabla 25 Distribución granulométrica de cada calicata

CALICATA	PORCENTAJE DE FINOS (%)	PORCENTAJE DE ARENA (%)	PORCENTAJE DE GRAVA (%)
C-1	80.90	18.85	0.25
C-2	87.70	11.23	1.07
C-3	88.47	10.26	1.28
C-4	44.24	49.78	5.98
C-5	52.82	37.10	10.08

Fuente: Elaboración propia.

C-1, C-2 y C-3 tienen una alta proporción de finos (>80%), lo que indica suelos predominantemente limosos o arcillosos, con muy poca arena y grava. C-4 y C-5 presentan una mayor proporción de arena y grava, lo que sugiere suelos más granulares, probablemente con mejor drenaje y menor plasticidad.

Tabla 26 Resumen de la clasificación del suelo de cada calicata

CALICATA	CLASIFICACIÓN SEGÚN SUCS	CLASIFICACIÓN SEGÚN AASHTO
C-1	ML	A-4 (0)
	Limo arenosa (Limo de baja plasticidad)	Principalmente partículas finas limosas
C-2	ML	A-4 (1)
	Limo arenosa (Limo de baja plasticidad)	Principalmente partículas finas limosas
C-3	ML	A-4 (5)
	Limo arenosa (Limo de baja plasticidad)	Principalmente partículas finas limosas
C-4	SC-SM	A-4 (0)
	Arena limo arcillosa	Principalmente partículas finas limosas
C-5	CL-ML	A-4 (1)
	Arcilla limo arenosa (arcilla limosa de baja plasticidad)	Principalmente partículas finas limosas

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 27 Resumen de agrupación de suelo

TIPO	CLASIFICACIÓN SEGÚN SUCS	DESCRIPCIÓN	CALICATAS AGRUPADAS
TIPO I	ML	Limos no plásticos o de plasticidad muy baja	C-1, C-2 y C-3
TIPO II	CL-ML	Arcilla limosa de baja plasticidad	C-5
TIPO III	SC-CM	Arena con finos arcillosos/limoso	C-4

Fuente: Elaboración propia.

4.2 Caracterización del suelo natural-tipo II (calicata C-5)

Para el suelo natural extraída de la calicata C-5, se llevaron a cabo tres repeticiones de los ensayos correspondientes al LL y LP. A partir de estos valores se procedió a calcular el

IP. A continuación, se presenta una tabla con el resumen de los resultados obtenidos en estas pruebas.

Tabla 28 *Resumen de resultados alcanzados con el suelo natural*

Ensayo	Valor obtenido
Límite Líquido (%) :	26.84
Límite Plástico (%) :	20.26
Índice de Plasticidad (%) :	6.57
Densidad Seca (g/cm ³) :	1.90
Humedad Óptima(%) :	14.1
CBR(95%) :	12.02
Esfuerzo R1(kg/cm ²) :	1.42

Fuente: Elaboración propia.

4.3 Resultados de estabilización

4.3.1 Resultados de estabilización con aditivos individuales (calicata C-5)

Tabla 29 *Resultados de ensayo de límites de Atterberg con cada aditivo*

TRATAMIENTO	Proes (%)	Conaid (%)	Cemento (%)	LL(%)			LP(%)			IP(%)			Prom.
				Rep1	Rep2	Rep3	Rep1	Rep2	Rep3	Rep1	Rep2	Rep3	
T0	0.00	0.00	0.00	26.99	26.75	26.77	20.50	19.86	20.42	6.49	6.88	6.34	6.57
TP1	0.00	0.00	0.50	25.71	25.67	27.70	20.10	19.16	21.99	5.60	6.51	5.71	5.94
TP2	0.00	0.00	1.50	25.86	26.82	26.69	22.26	21.29	21.07	3.60	5.53	5.62	4.92
TP3	0.01	0.00	1.50	29.63	24.31	26.64	26.42	20.09	22.23	3.21	4.22	4.13	3.85
TP4	0.03	0.00	1.50	25.77	19.86	22.88	23.35	18.59	20.94	2.42	1.28	1.94	1.88
TP5	0.00	0.01	1.50	25.84	26.74	25.82	22.75	21.45	21.06	3.09	5.30	4.76	4.38
TP6	0.00	0.03	1.50	24.77	25.69	25.21	22.47	23.51	22.71	2.30	2.18	2.50	2.33

Fuente: Elaboracion propia

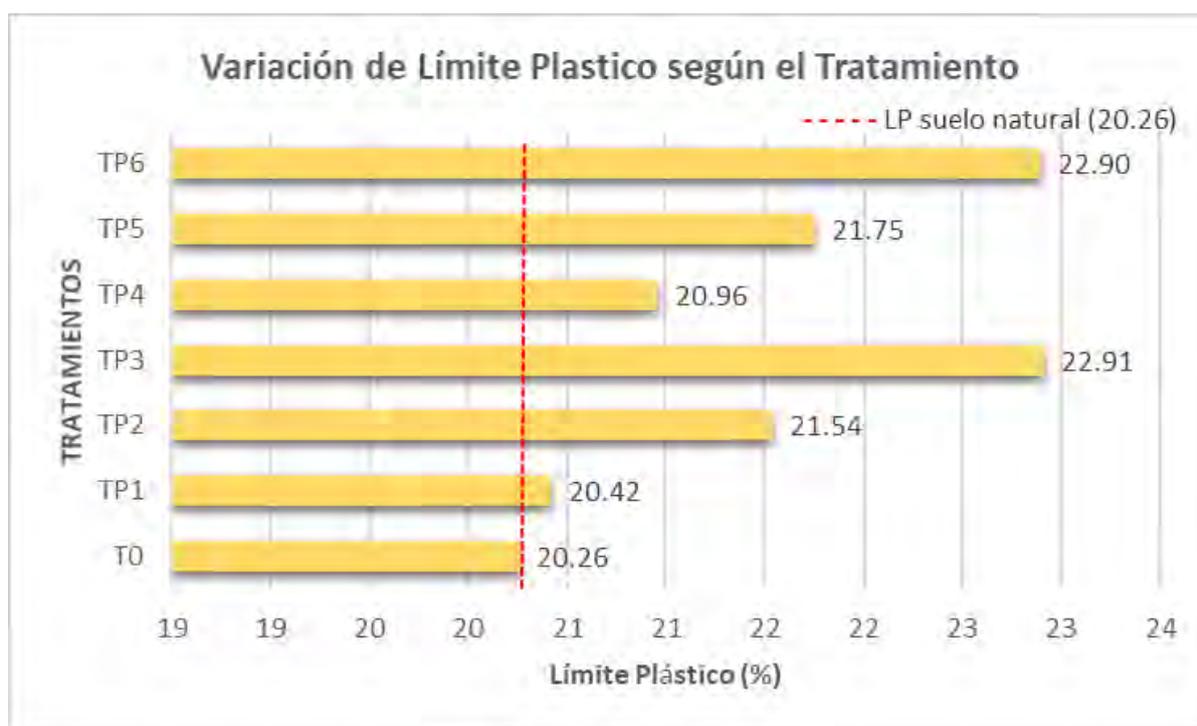
Figura N° 25 Variación de límite líquido con cada aditivo



Fuente : Elaboracion ´propia.

El gráfico anterior muestra la variación del Límite Líquido (LL) del suelo A-4 tras aplicar diferentes tratamientos, en relación del suelo natural (26.84%), indicado mediante una línea roja entrecortada. Se observa que la mayoría de los tratamientos logran una ligera reducción del LL, lo cual implica una menor plasticidad y mejor comportamiento frente al agua. Entre los tratamientos, TP4 presenta la mayor disminución del LL (22.84%), seguido de TP6 con LL (25.22%), evidenciando el mayor impacto de estos aditivos en la estructura del suelo. Por el contrario, tratamientos con bajas dosificaciones o con cemento presentan valores similares al del suelo natural, con ligeras variaciones. Esta disminución en el LL es beneficiosa para la estabilización, ya que sugiere una menor susceptibilidad del suelo a cambios volumétricos por humedad, lo que es especialmente importante en vías no pavimentadas.

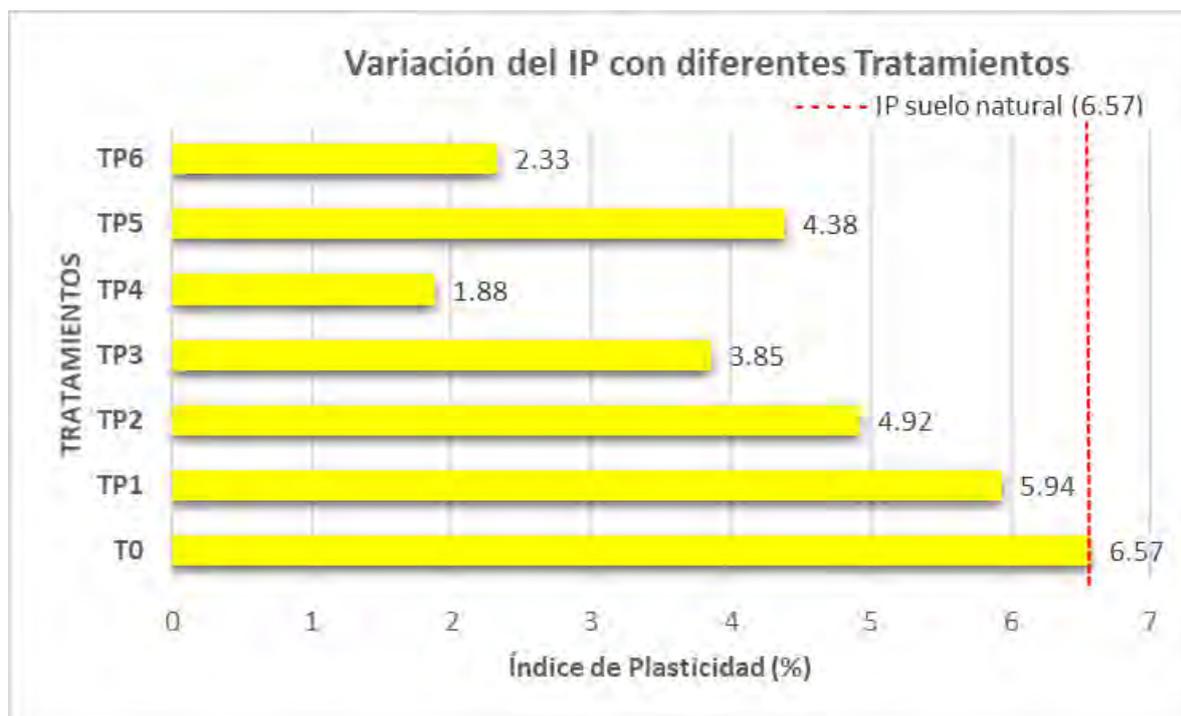
Figura N° 26 Variación de límite plástico con cada aditivo



Fuente: Elaboración propia.

La figura anterior ilustra la evolución del Límite Plástico (LP) del suelo A-4 al aplicar diferentes tratamientos, comparado con el valor original del suelo natural (20.26%). A diferencia del LL e IP, en este caso se observa una ligera tendencia al incremento del LP en la mayoría de los tratamientos. El tratamiento TP3 alcanza el mayor valor de LP (22.91%), seguido por el tratamiento TP6 con LP (22.90%), mientras que el tratamiento TP1 muestra una variación mínima respecto al suelo natural (20.42%). Este comportamiento puede asociarse al efecto de los aditivos estabilizantes sobre la cohesión y la estructura del suelo, permitiendo una mayor retención de humedad sin perder plasticidad. Aunque un aumento en el LP puede parecer contraproducente, en combinación con la reducción del LL observada en los tratamientos, contribuye a disminuir el IP, lo que resulta en una mejoría global del comportamiento del suelo frente a la deformación.

Figura N° 27 Variación de índice de plasticidad con cada aditivo



Fuente: Elaboración propia.

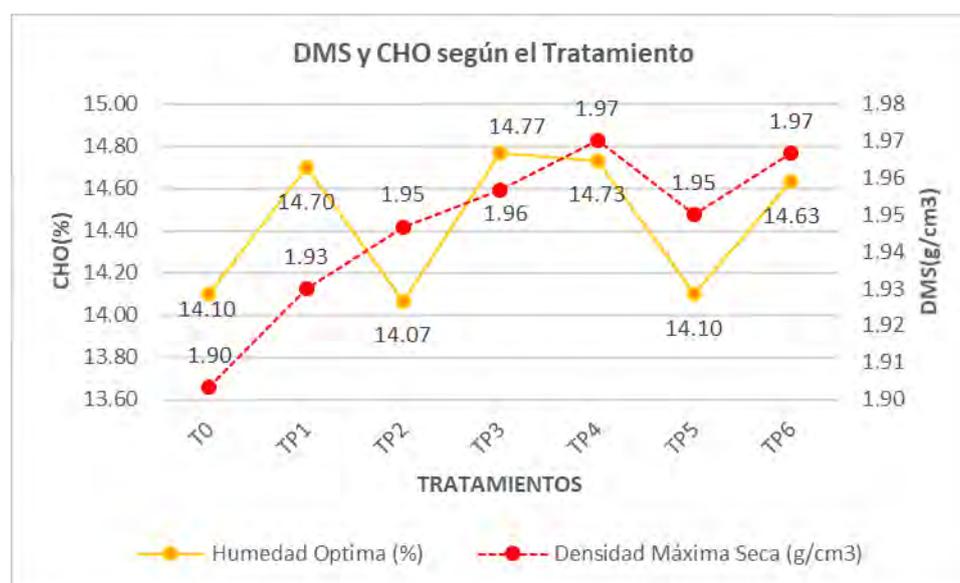
La figura anterior muestra las diferencias del Índice de Plasticidad (IP) del suelo A-4 tras aplicar diferentes tratamientos de estabilización, comparados con el valor del suelo natural (IP = 6.57), representado mediante una línea entrecortada vertical. Se observa que todos los tratamientos logran reducir el IP, lo cual indica una mejora en la plasticidad del suelo. Los tratamientos con Cemento (TP1 y TP2) reducen el IP a 5.94% (0.5%) y 4.92% (1.5%), mostrando un efecto progresivo. El uso de los aditivos a1 y a2 genera reducciones aún más significativas, especialmente TP4, que disminuye el IP hasta 1.88%, siendo el tratamiento más efectivo. Le sigue TP6, con un IP de 2.33%. Esta tendencia sugiere que una mayor concentración de aditivos produce un mayor efecto estabilizante. En general, la disminución del IP mejora la calidad del suelo como subrasante, ya que reduce la sensibilidad al agua y mejora su comportamiento mecánico, favoreciendo su uso en carreteras no pavimentadas.

Tabla 30 Resultados del ensayo Proctor modificado con cada aditivo

TRATAMIENTO	Proes (%)	Conaid (%)	Cemento (%)	Densidad Máx. Seca (g/cm ³)				Humedad Óptima(%)			
				Rep1	Rep2	Rep3	Prom.	Rep1	Rep2	Rep3	Prom.
T0	0.00	0.00	0.00	1.91	1.90	1.90	1.90	14.00	14.10	14.20	14.10
TP1	0.00	0.00	0.50	1.94	1.93	1.92	1.93	14.60	14.70	14.80	14.70
TP2	0.00	0.00	1.50	1.95	1.95	1.94	1.95	15.00	13.50	13.70	14.07
TP3	0.01	0.00	1.50	1.96	1.94	1.97	1.96	14.60	15.20	14.50	14.77
TP4	0.03	0.00	1.50	1.97	1.96	1.98	1.97	14.50	15.30	14.40	14.73
TP5	0.00	0.01	1.50	1.95	1.94	1.96	1.95	14.80	13.60	13.90	14.10
TP6	0.00	0.03	1.50	1.96	1.96	1.98	1.97	14.50	14.80	14.60	14.63

Fuente: Elaboracion propia.

Figura N° 28 Variación de DMS y CHO con cada aditivo



Fuente: Elaboracion propia.

En la figura anterior se observa que todos los tratamientos con aditivos (Cemento, Proes y Conaid) incrementaron la densidad máxima seca (DMS) respecto al suelo natural (1.90 g/cm³). Los valores más altos se obtuvieron con el tratamiento TP4 y TP6, alcanzando 1.97 g/cm³. Esto implica una mejora en la compactabilidad del suelo, posiblemente por una mejor reorganización de las partículas inducida por los aditivos. El tratamiento TP1 mostró el menor incremento (1.93 g/cm³), aunque sigue siendo superior al valor base. En general, el uso de aditivos mejora la compactación del suelo.

En la misma gráfica también se muestra que todos los tratamientos con aditivos presentan un incremento leve en el CHO respecto al suelo natural (14.10 %). Los mayores valores se observan con TP3(14.77 %) y TP4(14.73 %), lo que indica que este aditivo incrementa la humedad para alcanzar la máxima compactación. En cambio, el tratamiento TP2 presentó un CHO ligeramente menor (14.07 %), mostrando una ligera reducción. En general, los cambios son leves, pero reflejan el efecto que tiene cada aditivo en la necesidad de humedad para estabilizar el suelo.

Tabla 31 Resultados del ensayo de expansión con cada aditivo

TRATAMIENTO	Proes (%)	Conaid (%)	Cemento (%)	N° de golpes	Expansión (%)			
					Rep1	Rep2	Rep3	Prom.
T0	0.00	0.00	0.00	12	0.98	0.85	0.77	0.86
				26	0.89	0.81	0.71	0.80
				55	0.68	0.67	0.54	0.63
TP1	0.00	0.00	0.50	12	0.44	0.40	0.40	0.42
				26	0.32	0.36	0.34	0.34
				55	0.20	0.28	0.26	0.25
TP2	0.00	0.00	1.50	12	0.30	0.26	0.28	0.28
				26	0.28	0.24	0.26	0.26
				55	0.26	0.22	0.22	0.23
TP3	0.01	0.00	1.50	12	0.18	0.18	0.12	0.16
				26	0.14	0.16	0.10	0.13
				55	0.08	0.12	0.08	0.09
TP4	0.03	0.00	1.50	12	0.18	0.08	0.10	0.12
				26	0.14	0.06	0.06	0.09
				55	0.08	0.00	0.00	0.03
TP5	0.00	0.01	1.50	12	0.18	0.22	0.20	0.20
				26	0.16	0.20	0.14	0.17
				55	0.12	0.16	0.10	0.13
TP6	0.00	0.03	1.50	12	0.10	0.12	0.12	0.11
				26	0.08	0.06	0.09	0.08
				55	0.06	0.04	0.06	0.05

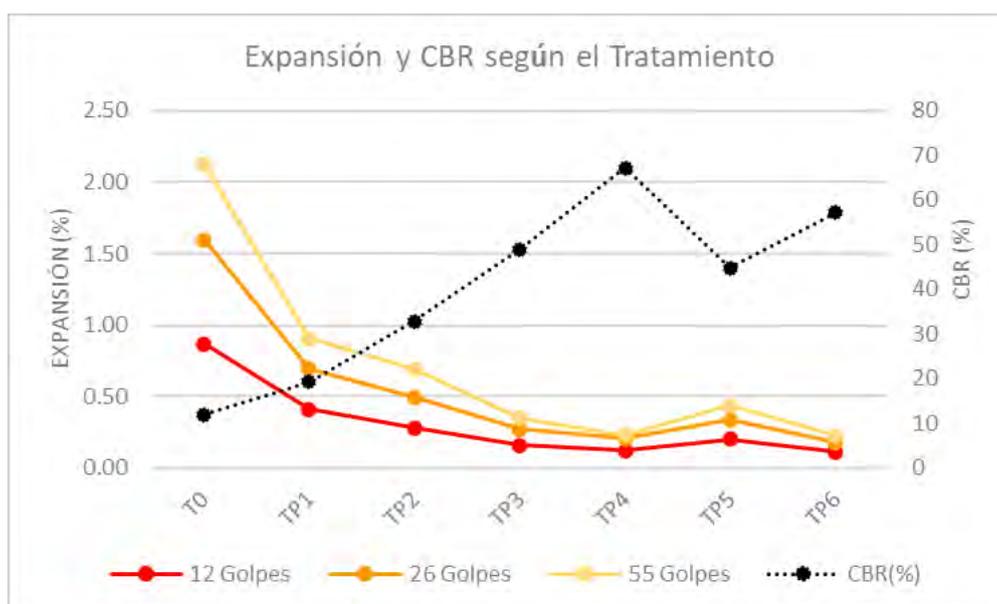
Fuente: Elaboracion propia.

Tabla 32 Resultados del ensayo CBR con cada aditivo

TRATAMIENTO	Proes (%)	Conaid (%)	Cemento (%)	CBR(100%)				CBR(95%)			
				Rep1	Rep2	Rep3	Prom.	Rep1	Rep2	Rep3	Prom.
T0	0.00	0.00	0.00	12.83	15.00	21.00	16.28	9.07	9.00	18.00	12.02
TP1	0.00	0.00	0.50	24.28	23.89	26.41	24.86	20.15	18.05	19.63	19.28
TP2	0.00	0.00	1.50	29.79	51.34	36.41	39.18	28.45	39.08	30.86	32.80
TP3	0.01	0.00	1.50	73.35	61.41	116.94	83.90	47.73	45.36	53.96	49.02
TP4	0.03	0.00	1.50	79.23	85.96	91.6	85.60	61.54	66.59	73.42	67.18
TP5	0.00	0.01	1.50	59.19	52.79	56.52	56.17	46.51	40.8	46.83	44.71
TP6	0.00	0.03	1.50	67.69	82.07	70.33	73.36	55.37	56.49	59.78	57.21

Fuente: Elaboracion propia.

Figura N° 29 Variación de expansión y CBR con cada aditivo



Fuente: Elaboracion propia.

Según la gráfica anterior los tratamientos TP4 y TP6 a concentraciones de 0.03% muestran los mejores incrementos del CBR, alcanzando hasta 67.18%, lo que señala una mejora significativa en la resistencia. En cambio, el cemento con tratamiento TP2(32.80%) presenta una mejora moderada en relación al suelo natural. Esto sugiere que los aditivos químicos, incluso en bajas proporciones, pueden superar al cemento en eficiencia para mejorar el CBR cuando se usan adecuadamente.

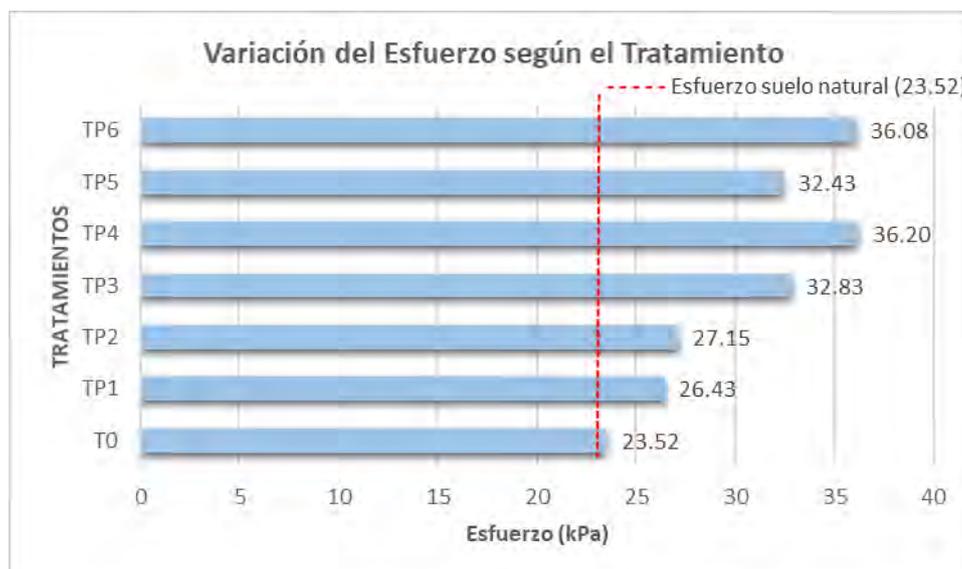
En cuanto a la expansión, se evidencia una tendencia decreciente al incorporar aditivos estabilizantes, lo que indica una mejora en el comportamiento del suelo frente a la hinchazón. El suelo natural presentó los mayores valores de expansión en todos los niveles de compactación, reflejando una alta susceptibilidad a cambios volumétricos por humedad. En contraste, las mezclas tratadas con aditivo a1 y aditivo a2 al 0.03% mostraron las menores expansiones, destacándose como las combinaciones más efectivas para controlar este fenómeno. Esta reducción progresiva sugiere que la adición de estos aditivos, en especial en dosis mayores, contribuye a mejorar la estabilidad volumétrica del suelo compactado.

Tabla 33 Resultados del ensayo de compresión simple con cada aditivo

TRATAMIENTO	Proes (%)	Conaid (%)	Cemento (%)	Esfuerzo (kPa)			
				Rep1	Rep2	Rep3	Prom.
T0	0.00	0.00	0.00	22.70	23.91	23.96	23.52
TP1	0.00	0.00	0.50	25.01	26.22	28.04	26.43
TP2	0.00	0.00	1.50	23.75	30.23	27.47	27.15
TP3	0.01	0.00	1.50	33.45	33.16	31.88	32.83
TP4	0.03	0.00	1.50	38.01	36.39	34.18	36.20
TP5	0.00	0.01	1.50	31.05	35.47	30.77	32.43
TP6	0.00	0.03	1.50	37.39	36.76	34.10	36.08

Fuente: Elaboracion propia.

Figura N° 30 Variación del esfuerzo con cada aditivo



Fuente: Elaboracion propia.

La gráfica muestra que el esfuerzo aumenta progresivamente con la aplicación de los diferentes tratamientos en comparación con el suelo natural (23.52 kPa). Los tratamientos TP4

(36.20 kPa) y TP6 (36.08 kPa) presentan los mayores valores de esfuerzo, seguidos por TP3 (32.83 kPa) y TP5 (32.43 kPa), que también presentan incrementos notables. En cambio, los tratamientos TP1 (26.43 kPa) y TP2 (27.15 kPa) registran mejoras más discretas, pero aun así positivas. En general, se observa una tendencia ascendente en el esfuerzo conforme se aplican los distintos tratamientos, lo que refleja una variación positiva en el comportamiento del material frente a las cargas.

4.3.2 Resultados de estabilización con combinaciones de aditivos (calicata C-5)

Tabla 34 Resultados del ensayo de límites de Atterberg con aditivos combinados

TRATAMIENTO	Proes (%)	Conaid (%)	Cemento (%)	LL(%)			LP(%)			IP(%)			Prom.
				Rep1	Rep2	Rep3	Rep1	Rep2	Rep3	Rep1	Rep2	Rep3	
T1	0.01	0.03	0.50	24.89	25.43	25.21	22.42	21.29	20.96	2.47	4.14	4.25	3.62
T2	0.03	0.03	1.50	20.99	21.32	22.38	18.99	19.91	21.59	2.00	1.41	0.79	1.40
T3	0.01	0.01	0.50	29.30	27.33	29.47	23.49	24.28	24.38	5.81	3.05	5.08	4.65
T4	0.03	0.01	1.50	23.97	25.57	21.84	21.68	21.86	20.13	2.11	3.89	1.70	2.57
T5	0.03	0.03	0.50	21.20	21.76	26.83	19.17	20.10	23.31	2.03	1.66	3.53	2.41
T6	0.01	0.03	1.50	22.61	25.31	24.13	20.56	22.94	22.21	2.06	2.37	1.92	2.12
T7	0.03	0.01	0.50	24.60	26.42	26.50	21.98	20.46	22.44	2.61	5.96	4.06	4.21
T8	0.01	0.01	1.50	24.91	26.43	25.84	22.01	22.83	22.69	2.90	3.59	3.15	3.21

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 35 Resultados del ensayo de Proctor modificado con aditivos combinados

TRATAMIENTO	Proes (%)	Conaid (%)	Cemento (%)	Densidad Máx. Seca(g/cm ³)				Humedad Óptima(%)			
				Rep1	Rep2	Rep3	Prom.	Rep1	Rep2	Rep3	Prom.
T1	0.01	0.03	0.50	1.95	1.93	1.94	1.94	13.50	13.80	13.60	13.63
T2	0.03	0.03	1.50	1.97	1.98	2.00	1.98	14.00	14.20	13.70	13.97
T3	0.01	0.01	0.50	1.92	1.94	1.93	1.93	13.90	15.10	15.20	14.73
T4	0.03	0.01	1.50	1.98	1.97	1.99	1.98	14.20	14.20	14.30	14.23
T5	0.03	0.03	0.50	1.95	1.95	1.96	1.95	14.00	13.40	14.70	14.03
T6	0.01	0.03	1.50	1.98	1.97	1.99	1.98	14.10	16.30	14.10	14.83
T7	0.03	0.01	0.50	1.93	1.94	1.96	1.94	13.70	16.20	15.50	15.13
T8	0.01	0.01	1.50	1.97	1.97	1.95	1.96	14.70	14.40	15.20	14.77

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 36 Resultados del ensayo de expansión con aditivos combinados

TRATAMIENTO	Proes (%)	Conaid (%)	Cemento (%)	N° de golpes	Expansión (%)			
					Rep1	Rep2	Rep3	Prom.
T1	0.01	0.03	0.50	12	0.20	0.28	0.26	0.25
				26	0.20	0.26	0.22	0.23
				55	0.16	0.24	0.20	0.20
T2	0.03	0.03	1.50	12	0.00	0.00	0.04	0.01
				26	0.00	0.00	0.00	0.00
				55	0.00	0.00	0.02	0.01
T3	0.01	0.01	0.50	12	0.30	0.30	0.33	0.31
				26	0.26	0.26	0.28	0.27
				55	0.22	0.18	0.20	0.20
T4	0.03	0.01	1.50	12	0.10	0.00	0.06	0.05
				26	0.06	0.00	0.00	0.02
				55	0.00	0.00	0.00	0.00
T5	0.03	0.03	0.50	12	0.20	0.14	0.20	0.18
				26	0.18	0.10	0.16	0.15
				55	0.16	0.04	0.14	0.11
T6	0.01	0.03	1.50	12	0.08	0.06	0.04	0.06
				26	0.00	0.04	0.00	0.01
				55	0.00	0.00	0.00	0.00
T7	0.03	0.01	0.50	12	0.28	0.18	0.22	0.23
				26	0.24	0.18	0.20	0.21
				55	0.20	0.14	0.18	0.17
T8	0.01	0.01	1.50	12	0.08	0.10	0.14	0.11
				26	0.06	0.06	0.12	0.08
				55	0.04	0.04	0.10	0.06

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 37 Resultados del ensayo CBR con aditivos combinados

TRATAMIENTO	Proes (%)	Conaid (%)	Cemento (%)	CBR(100%)				CBR(95%)			
				Rep1	Rep2	Rep3	Prom.	Rep1	Rep2	Rep3	Prom.
T1	0.01	0.03	0.50	45.64	42.70	47.82	45.39	38.80	35.14	38.81	37.58
T2	0.03	0.03	1.50	121.86	109.90	111.93	114.56	83.55	88.19	91.68	87.81
T3	0.01	0.01	0.50	40.65	29.23	31.69	33.86	31.65	27.66	30.26	29.86
T4	0.03	0.01	1.50	108.21	124.37	122.66	118.41	78.93	78.74	82.91	80.19
T5	0.03	0.03	0.50	50.13	74.97	60.58	61.89	45.42	46.18	47.59	46.40
T6	0.01	0.03	1.50	110.76	110.66	108.94	110.12	81.17	77.62	79.46	79.42
T7	0.03	0.01	0.50	52.30	52.89	55.22	53.47	38.71	44.67	39.05	40.81
T8	0.01	0.01	1.50	73.82	71.90	67.71	71.14	58.65	54.71	56.51	56.62

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 38 Resultados del ensayo de compresión simple con aditivos combinados

TRATAMIENTO	Proes (%)	Conaid (%)	Cemento (%)	Esfuerzo (kPa)			
				Rep1	Rep2	Rep3	Prom.
T1	0.01	0.03	0.50	24.87	27.94	30.33	27.71
T2	0.03	0.03	1.50	45.56	40.65	42.98	43.06
T3	0.01	0.01	0.50	24.24	26.55	29.04	26.61
T4	0.03	0.01	1.50	36.12	37.01	36.29	36.47
T5	0.03	0.03	0.50	28.13	37.86	30.51	32.16
T6	0.01	0.03	1.50	38.60	39.34	43.02	40.32
T7	0.03	0.01	0.50	32.24	30.97	31.06	31.42
T8	0.01	0.01	1.50	30.40	30.77	37.42	32.86

Fuente: Elaboración propia.

4.4 Análisis estadístico – ANOVA (calicata C-5)

El modelo de regresión fue utilizado como una herramienta exploratoria para identificar los factores significativos y sus posibles interacciones en el comportamiento del CBR. Aunque no se empleó con fines predictivos debido a la limitación de niveles por factor, la regresión permitió observar la dirección y magnitud de los efectos. Las tres repeticiones por tratamiento fortalecieron la confiabilidad del análisis estadístico, permitiendo una mejor estimación del error experimental y validación de los resultados obtenidos.

4.4.1 Análisis estadístico para Límite Líquido

Tabla 39 Resumen estadístico del modelo de regresión para el análisis de límite líquido

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	R-cuadrado(pred)
1.51776	71.82%	59.50%	36.60%

Fuente: Elaboración propia con datos procesados en Minitab.

El coeficiente de determinación R^2 fue de 71.82%, lo que sugiere una buena capacidad explicativa del modelo. No obstante, el R^2 ajustado disminuye a 59.50% y el R^2 predicho es 36.60%, lo que indica que, aunque el modelo describe adecuadamente los datos analizados, su capacidad predictiva fuera del rango experimental es moderada.

Análisis de Varianza

Tabla 40 Análisis de varianza del modelo de regresión para el límite líquido

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	7	93.950	13.4215	5.83	0.002
Lineal	3	91.180	30.3933	13.19	0.000
Cemento	1	22.023	22.0225	9.56	0.007
Proes	1	32.971	32.9707	14.31	0.002
Conaid	1	36.187	36.1867	15.71	0.001
Interacciones de 2 términos	3	1.708	0.5693	0.25	0.862
Cemento*Proes	1	0.137	0.1365	0.06	0.811
Cemento*Conaid	1	1.416	1.4162	0.61	0.444
Proes*Conaid	1	0.155	0.1552	0.07	0.799
Interacciones de 3 términos	1	1.063	1.0626	0.46	0.507
Cemento*Proes*Conaid	1	1.063	1.0626	0.46	0.507
Error	16	36.857	2.3036		
Total	23	130.808			

Fuente: Elaboración propia con datos procesados en Minitab.

El modelo de regresión resultó estadísticamente significativo con un valor F de 5.83 y un valor $p = 0.002$, lo que indica que, en conjunto, las variables independientes explican una proporción considerable de la variabilidad en el Límite Líquido. En cuanto a los factores individuales, se observó una influencia significativa de los tres componentes principales: Cemento ($p = 0.007$), Proes ($p = 0.002$) y Conaid ($p = 0.001$). Por otro lado, ninguna de las interacciones entre factores fue estadísticamente significativa ($p > 0.4$), lo que sugiere que los efectos combinados no aportan una mejora sustancial al modelo.

La ecuación de regresión en unidades no codificadas fue la siguiente:

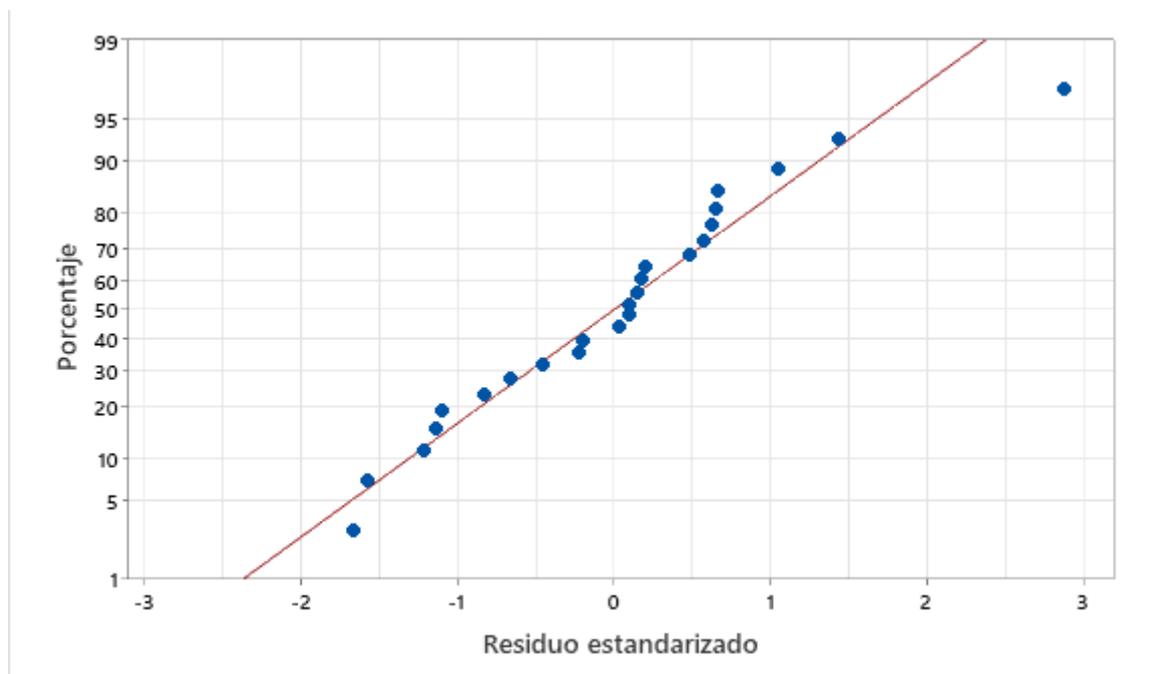
$$\text{LL (\%)} = 34.73 - 487 \text{ Cemento} - 23254 \text{ Proes} - 27163 \text{ Conaid} + 992500 \text{ Cemento*Proes} + 1327500 \text{ Cemento*Conaid} + 50125000 \text{ Proes*Conaid} - 4208333333 \text{ Cemento*Proes*Conaid}$$

La ecuación de regresión muestra que, al aumentar el contenido de cemento, Proes y Conaid, el Límite Líquido tiende a disminuir, como lo indican los coeficientes negativos de estos factores principales. Sin embargo, las interacciones entre ellos presentan coeficientes positivos, aunque no son estadísticamente significativas según el ANOVA. Por tanto, estos términos deben interpretarse con cautela. La ecuación, en general, permite estimar el LL dentro del rango experimental estudiado.

El modelo es útil para analizar el comportamiento del Límite Líquido dentro del experimento, especialmente por la significancia individual de los tres factores principales, aunque se recomienda precaución al extrapolar sus resultados fuera de los niveles estudiados.

1. Validación del modelo (calidad del ajuste)

Figura N° 31 Probabilidad normal del límite líquido

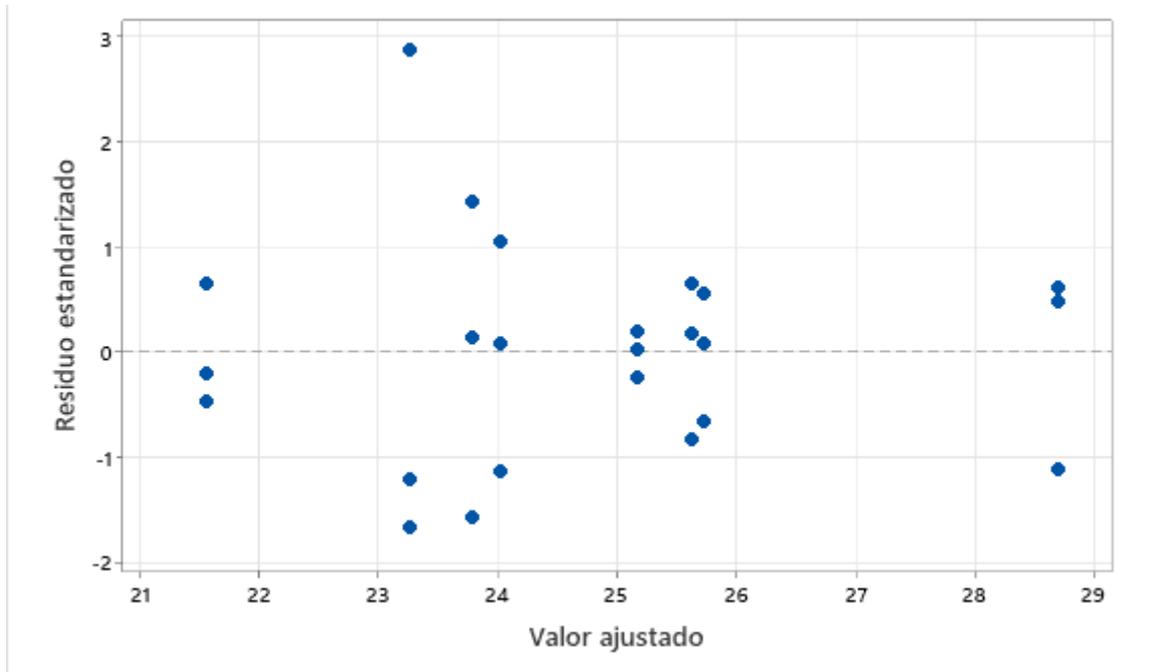


Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del software Minitab.

La figura N° 31 de probabilidad normal muestra que los residuos estandarizados del modelo se ajustan de manera aceptable a la línea de referencia, lo que indica una distribución

aproximadamente normal de los errores. Esto valida uno de los supuestos clave del análisis de regresión y sugiere que el modelo aplicado para evaluar el comportamiento del límite líquido (LL%) es estadísticamente adecuado para fines exploratorios.

Figura N° 32 Evaluación de residuos frente a los valores ajustados del límite líquido

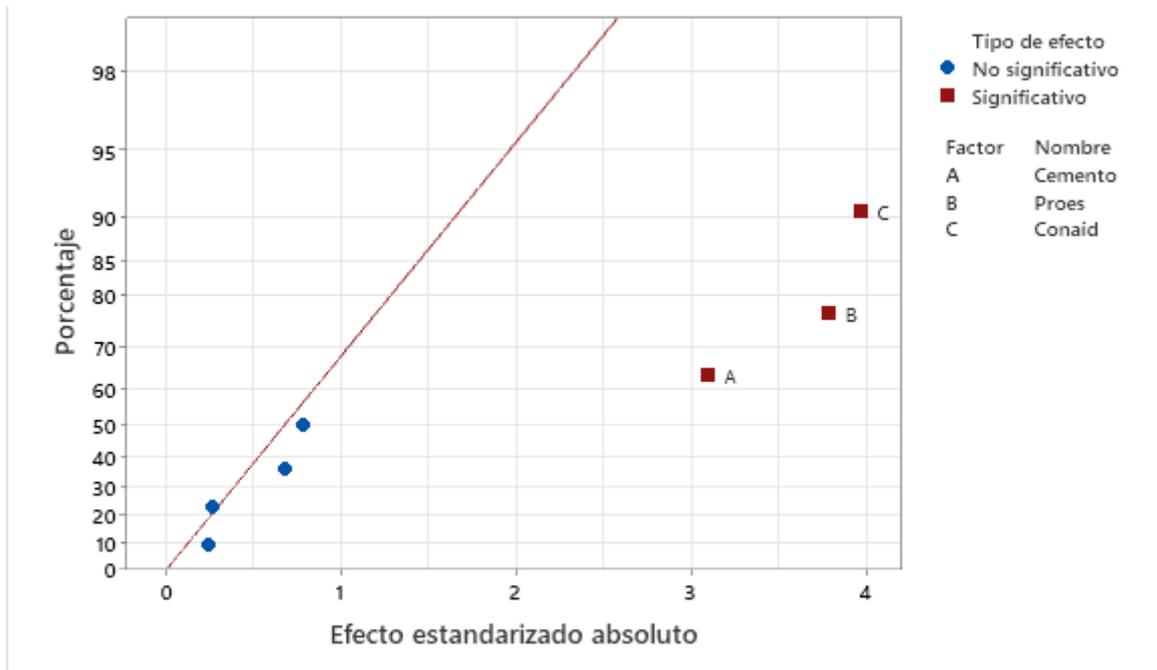


Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del software Minitab.

En la Figura N.º32 muestra los residuos estandarizados frente a los valores ajustados, se observa que los puntos se dispersan aleatoriamente alrededor del eje horizontal en cero, sin evidenciar una estructura definida. Esta distribución aleatoria indica que no hay signos claros de heterocedasticidad ni desviaciones de linealidad, lo cual respalda la pertinencia del modelo utilizado para analizar el límite líquido (LL%).

2. Identificación de efectos significativos

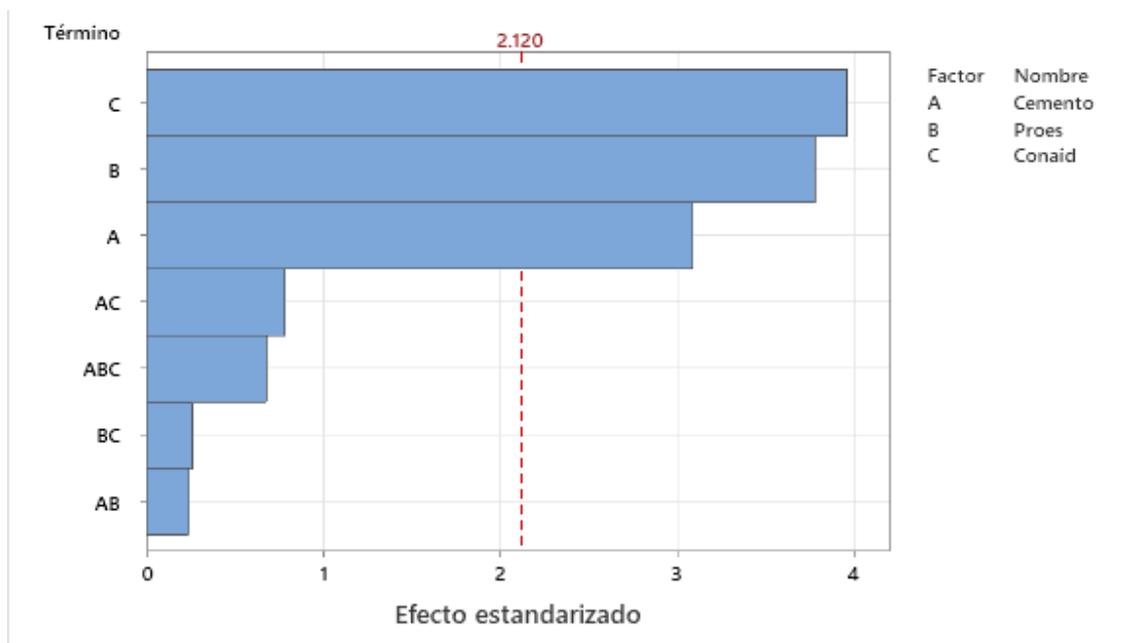
Figura N° 33 Efectos normales estandarizados del límite líquido



Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del software Minitab.

La gráfica N°33 de efectos normales estandarizados indica que los aditivos Cemento (A), Proes (B) y Conaid (C) tienen un efecto significativo sobre el límite líquido (LL%), al situarse fuera de la línea de referencia y superar el umbral de significancia ($\alpha = 0.05$). Esto evidencia que estos factores influyen directamente en la variación de la respuesta, mientras que el resto de efectos evaluados no presentan impacto estadísticamente relevante.

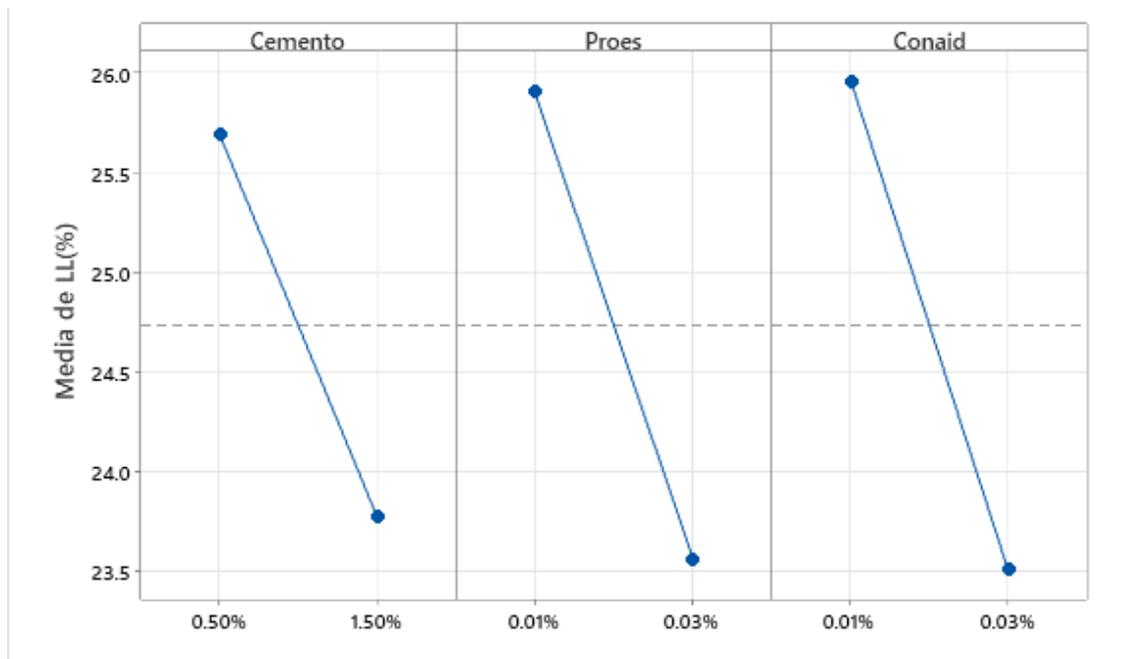
Figura N° 34 Pareto de efectos estandarizados del límite líquido



Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del software Minitab.

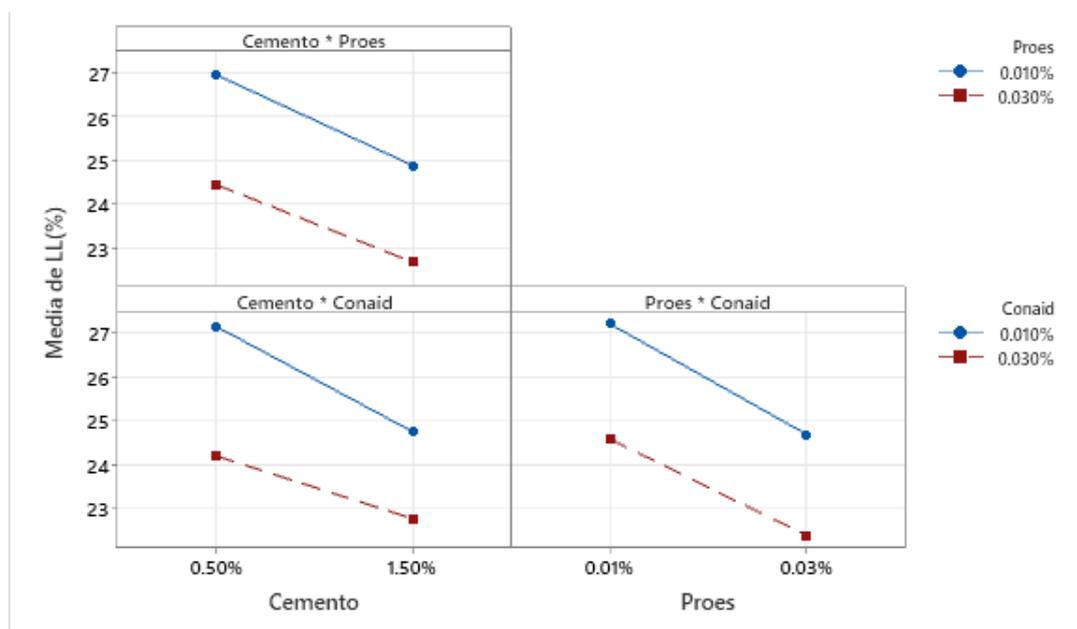
La gráfica N° 34 de diagrama de Pareto mostró que Conaid, Proes y Cemento tienen efectos significativos sobre el límite líquido del suelo, siendo Conaid el más influyente. Las interacciones entre aditivos no fueron significativas, indicando que cada aditivo actúa de forma independiente sobre esta propiedad.

Figura N° 35 Efectos principales de los factores sobre el límite líquido



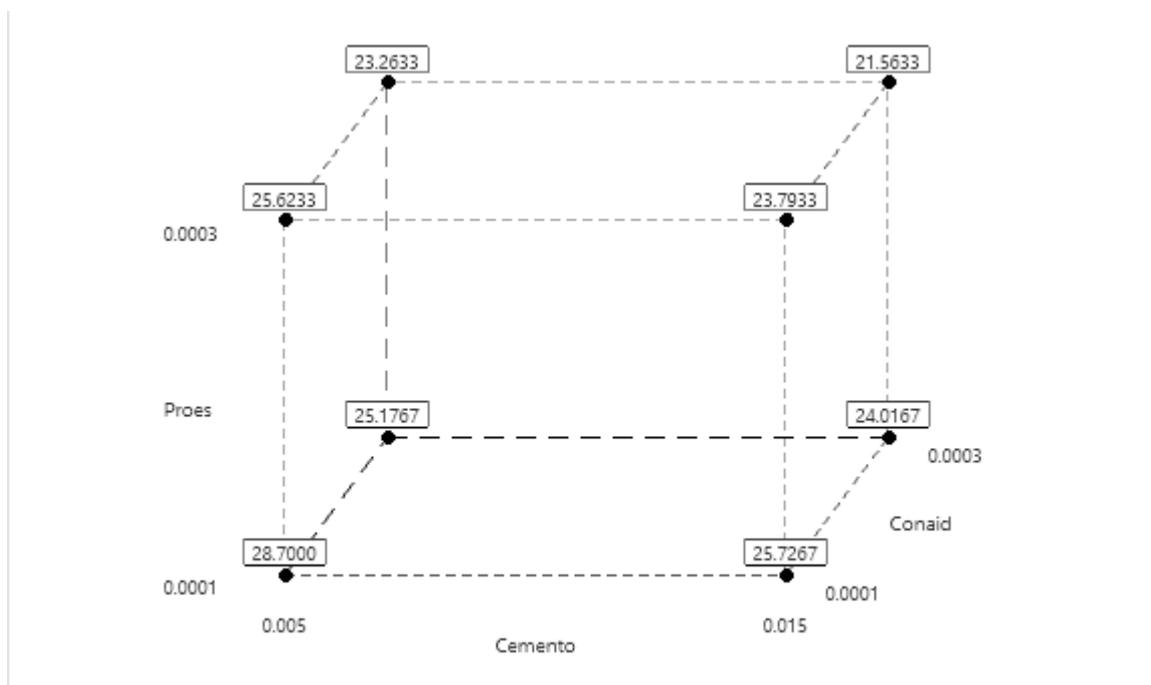
Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del software Minitab.

Figura N° 36 Interacción entre los factores para el límite líquido



Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del software Minitab.

Figura N° 37 Cubo de medias para el límite líquido en función de factores



Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del software Minitab.

4.4.2 Análisis estadístico para Límite Plástico

Tabla 41 Resumen estadístico del modelo de regresión para el análisis de límite plástico

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	R-cuadrado (pred)
1.16927	56.65%	37.69%	2.46%

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del software Minitab.

Respecto a la calidad del ajuste del modelo, el coeficiente de determinación R-cuadrado fue de 56.65%, lo cual indica que el modelo explica más de la mitad de la variabilidad observada en el LP. Sin embargo, el R-cuadrado ajustado fue de 37.69%, reflejando una moderada capacidad explicativa al considerar el número de variables del modelo. Por su parte, el R-cuadrado predicho fue de solo 2.46%, lo cual revela que la capacidad del modelo para hacer predicciones sobre nuevos datos es muy limitada.

Tabla 42 *Análisis de varianza del modelo de regresión para el límite plástico*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	7	28.5878	4.0840	2.99	0.033
Lineal	3	25.2424	8.4141	6.15	0.006
Cemento	1	1.9723	1.9723	1.44	0.247
Proes	1	14.1681	14.1681	10.36	0.005
Conaid	1	9.1020	9.1020	6.66	0.020
Interacciones de 2 términos	3	1.5633	0.5211	0.38	0.768
Cemento*Proes	1	0.0033	0.0033	0.00	0.962
Cemento*Conaid	1	0.9520	0.9520	0.70	0.416
Proes*Conaid	1	0.6080	0.6080	0.44	0.514
Interacciones de 3 términos	1	1.7821	1.7821	1.30	0.270
Cemento*Proes*Conaid	1	1.7821	1.7821	1.30	0.270
Error	16	21.8751	1.3672		
Total	23	50.4629			

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del software Minitab.

El análisis de varianza (ANOVA) mostró que el modelo global es estadísticamente significativo ($p = 0.033$), con un valor $F = 2.99$, lo que indica que al menos una de las variables independientes tiene un efecto significativo sobre el LP. En cuanto a los factores individuales, Proes ($p = 0.005$) y Conaid ($p = 0.020$) tuvieron una influencia significativa sobre el LP, mientras que Cemento no fue significativo de forma individual ($p = 0.247$). Ninguna de las interacciones entre factores mostró significancia estadística ($p > 0.05$), incluyendo la interacción triple ($p = 0.270$), lo que sugiere que el efecto de cada factor es predominantemente individual y no combinado.

La ecuación de regresión en unidades no codificadas fue la siguiente:

$$\text{LP (\%)} = 28.74 - 360 \text{ Cemento} - 22000 \text{ Proes} - 24225 \text{ Conaid} + 1113333 \text{ Cemento*Proes} + 1488333 \text{ Cemento*Conaid} + 70416667 \text{ Proes*Conaid} - 5450000000 \text{ Cemento*Proes*Conaid}$$

La ecuación muestra un efecto negativo del cemento sobre LP, mientras que Proes y Conaid también lo afectan negativamente con coeficientes grandes. Las interacciones no son significativas y, aunque el modelo es estadísticamente válido, su poder predictivo fuera de los datos experimentales es limitado.

En resumen, aunque el modelo es estadísticamente válido dentro del rango de datos evaluado, su uso para predicciones fuera de dicho rango no es recomendable, y debe interpretarse con precaución. La principal utilidad de este modelo es explicar tendencias dentro del experimento más que prever resultados externos.

1. Validación del modelo (calidad del ajuste)

Figura N° 38 Probabilidad normal del límite plástico

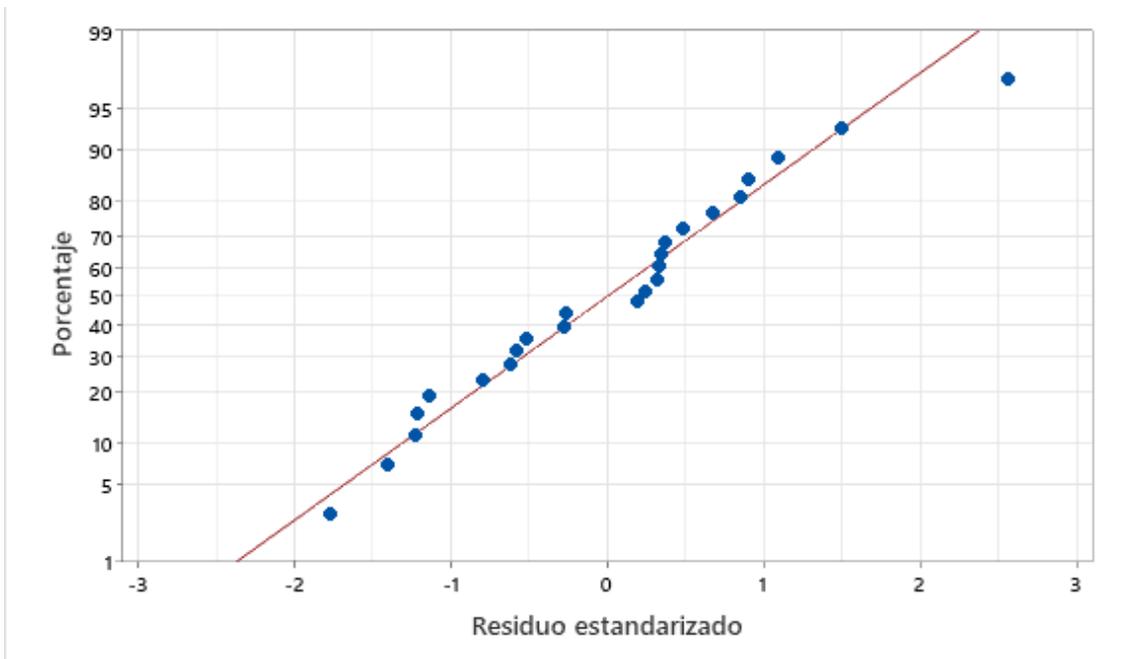
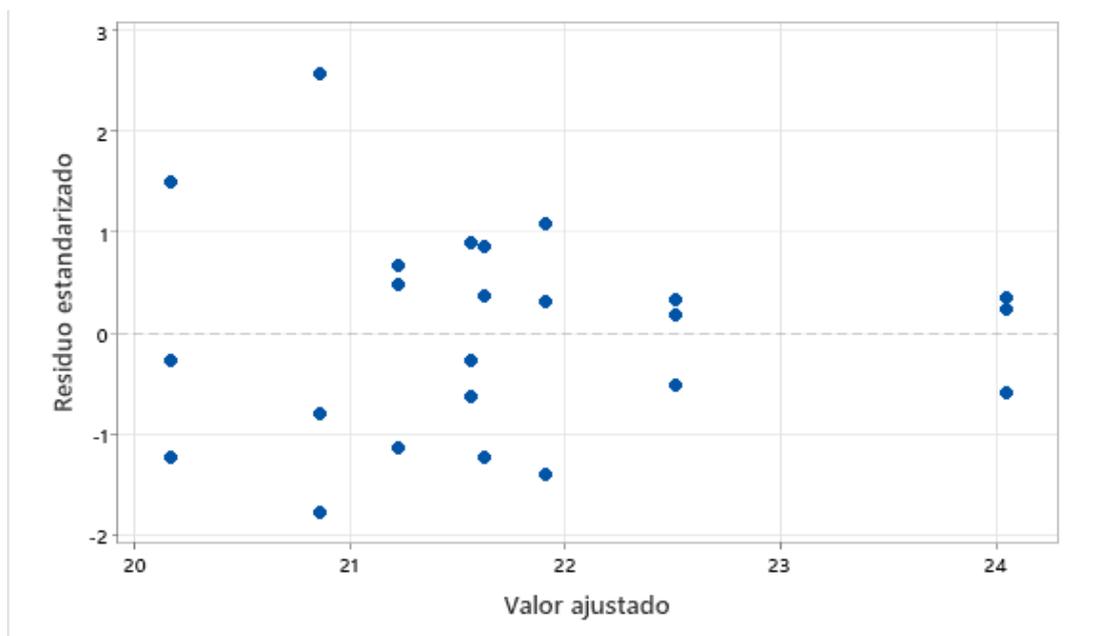


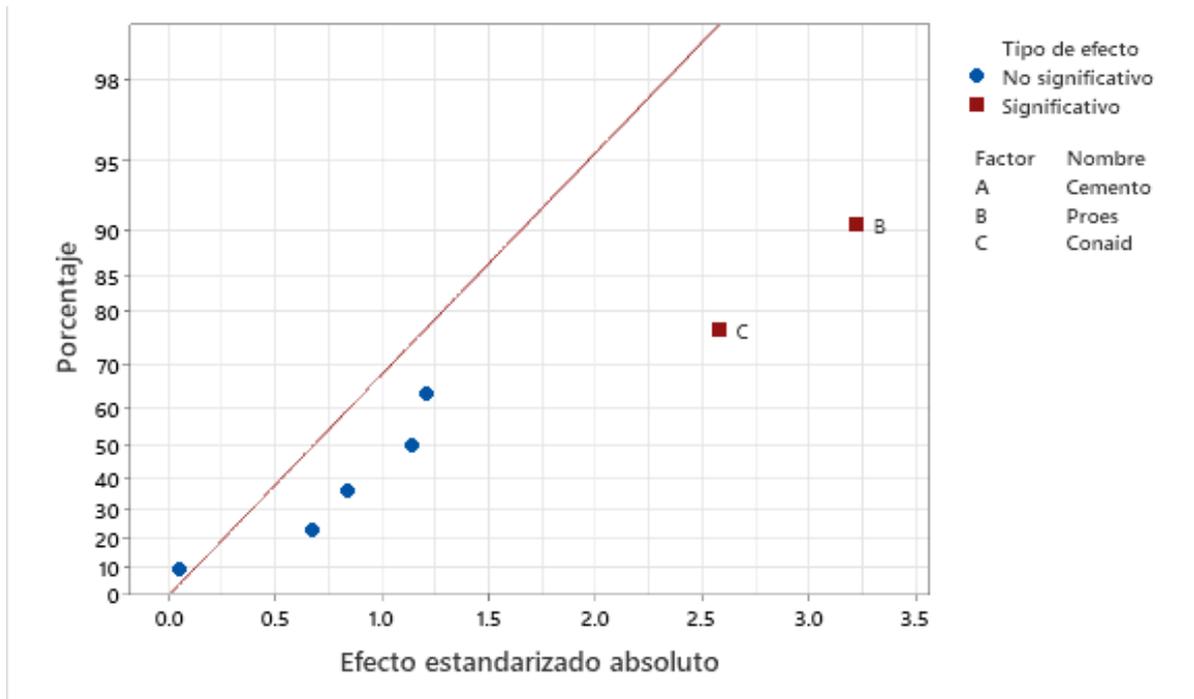
Figura N° 39 Evaluación de residuos frente a los valores ajustados del límite plástico



Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del software Minitab.

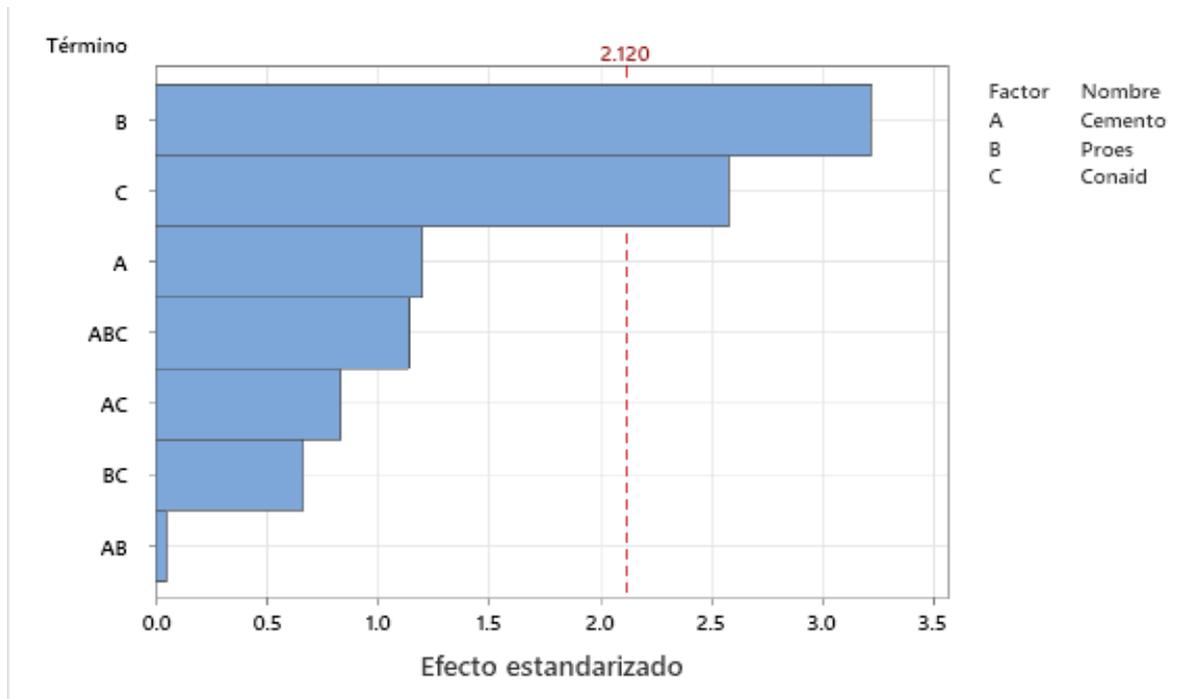
2. Identificación de efectos significativos

Figura N° 40 Efectos normales estandarizados del límite plástico



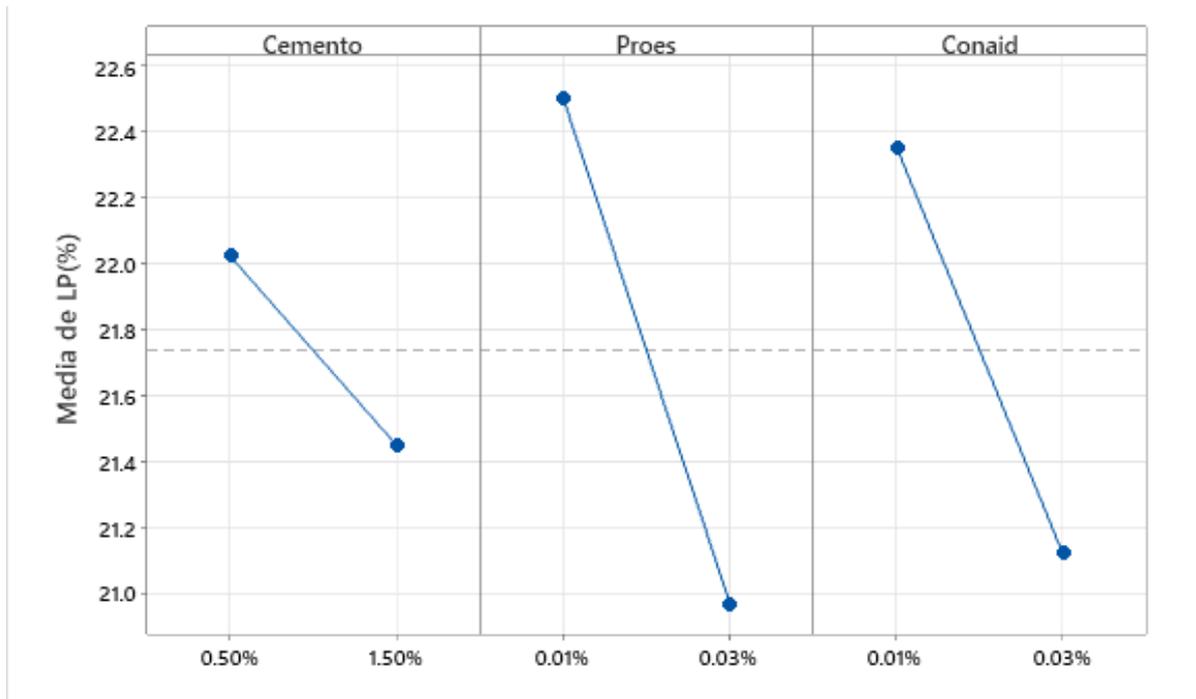
Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del software Minitab.

Figura N° 41 Pareto de efectos estandarizados del límite plástico



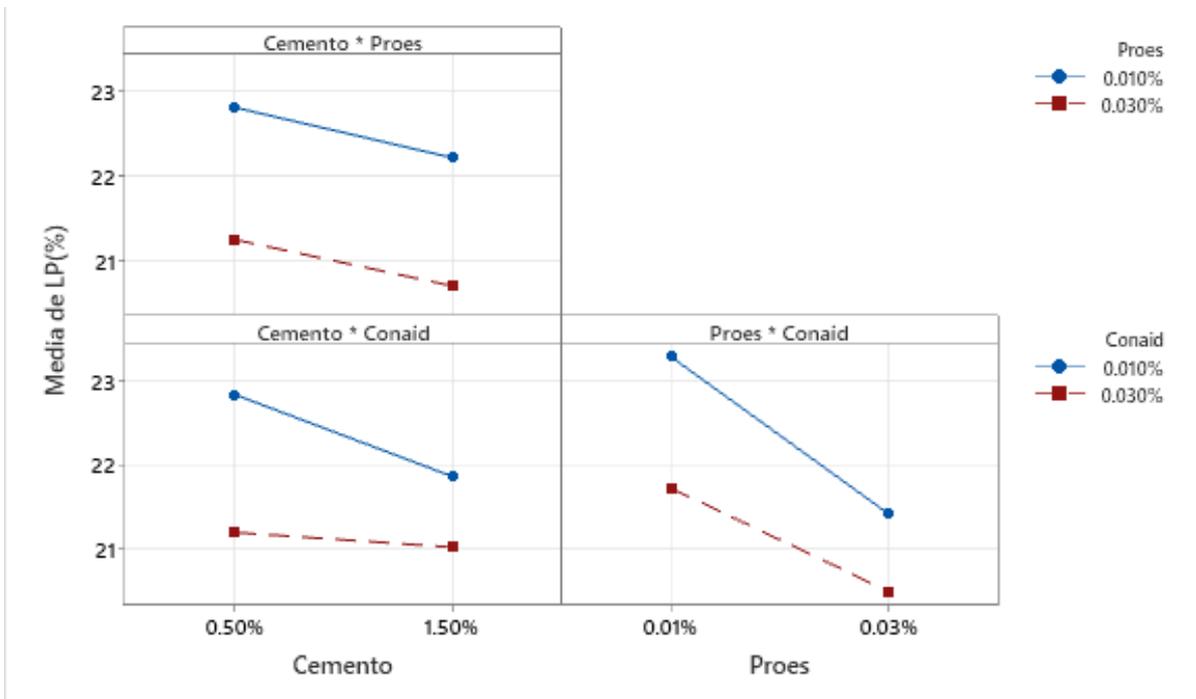
Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del software Minitab.

Figura N° 42 Efectos principales de los factores sobre el límite plástico



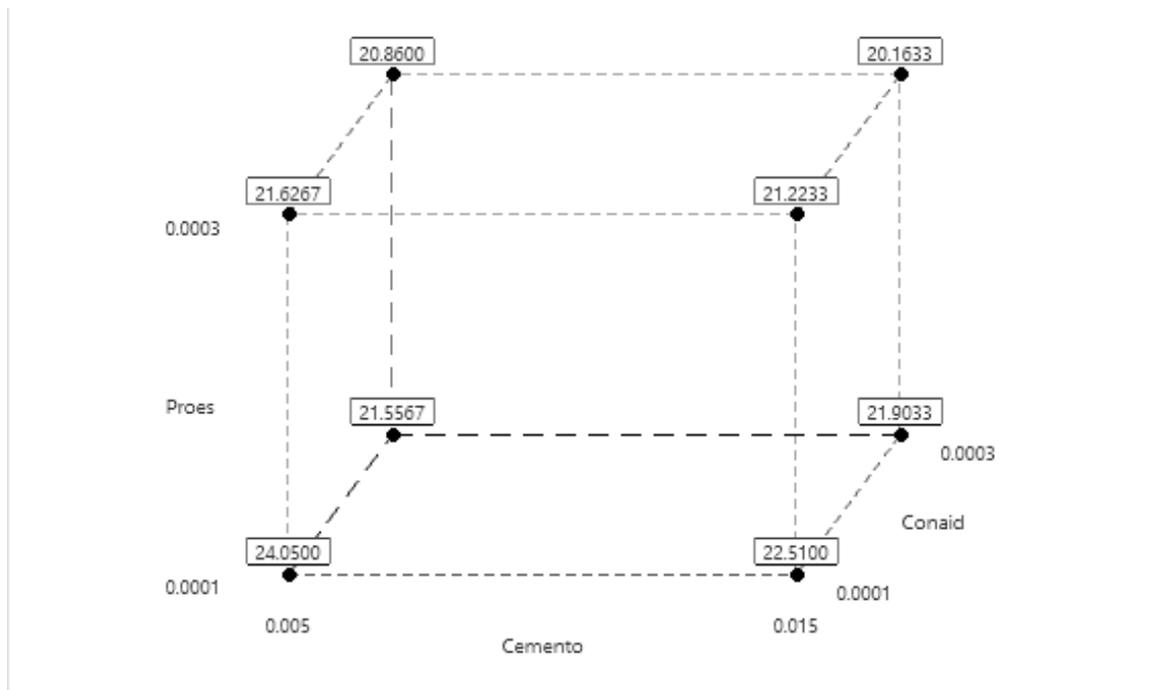
Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del software Minitab.

Figura N° 43 Interacción entre los factores para el límite plástico



Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del software Minitab.

Figura N° 44 Cubo de medias para el límite plástico en función de factores



Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del software Minitab.

4.4.3 Análisis estadístico para índice de plasticidad

Tabla 43 Resumen estadístico del modelo de regresión para el análisis del índice de plasticidad

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	R-cuadrado (pred)
1.04522	59.28%	41.46%	8.38%

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del software Minitab.

Respecto al Índice de Plasticidad (IP) del suelo analizado, el modelo estadístico mostró un coeficiente de determinación (R^2) del 59.28%, lo cual refleja que cerca del 59% de la variación en el IP puede atribuirse a los factores considerados. No obstante, el R^2 ajustado descendió a 41.46%, y el R^2 predicho fue considerablemente bajo, alcanzando solo el 8.38%. Estos valores indican que, aunque el modelo describe razonablemente los datos originales, presenta limitaciones importantes en su capacidad para hacer predicciones, lo que sugiere un posible sobreajuste a los datos analizados.

Tabla 44 *Análisis de varianza del modelo de regresión para el índice de plasticidad*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	7	25.4447	3.6350	3.33	0.022
Lineal	3	24.8374	8.2791	7.58	0.002
Cemento	1	11.7041	11.7041	10.71	0.005
Proes	1	3.4051	3.4051	3.12	0.097
Conaid	1	9.7283	9.7283	8.90	0.009
Interacciones de 2 términos	3	0.4201	0.1400	0.13	0.942
Cemento*Proes	1	0.0308	0.0308	0.03	0.869
Cemento*Conaid	1	0.1204	0.1204	0.11	0.744
Proes*Conaid	1	0.2688	0.2688	0.25	0.627
Interacciones de 3 términos	1	0.1873	0.1873	0.17	0.684
Cemento*Proes*Conaid	1	0.1873	0.1873	0.17	0.684
Error	16	17.4797	1.0925		
Total	23	42.9244			

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del software Minitab.

En el análisis de varianza el modelo global fue estadísticamente significativo con un valor p de 0.022, indicando que al menos una de las variables tiene un efecto real sobre el IP.

En cuanto a los efectos principales, se observaron los siguientes resultados:

- Cemento tuvo un efecto estadísticamente significativo sobre el IP ($p = 0.005$).
- Conaid también fue significativo ($p = 0.009$).
- Proes no alcanzó significancia estadística al nivel del 5% ($p = 0.097$), aunque mostró una tendencia a influir en la variable respuesta.

Por otro lado, ninguna de las interacciones entre factores fue significativa (todas con valores $p > 0.6$), lo que indica que los efectos conjuntos entre variables no contribuyeron de forma importante a la variación del IP.

El análisis estadístico mediante regresión lineal múltiple arrojó una ecuación predictiva en unidades no codificadas para el Índice de Plasticidad (IP), en función de los factores Cemento, Proes y Conaid, así como sus interacciones. La ecuación obtenida fue:

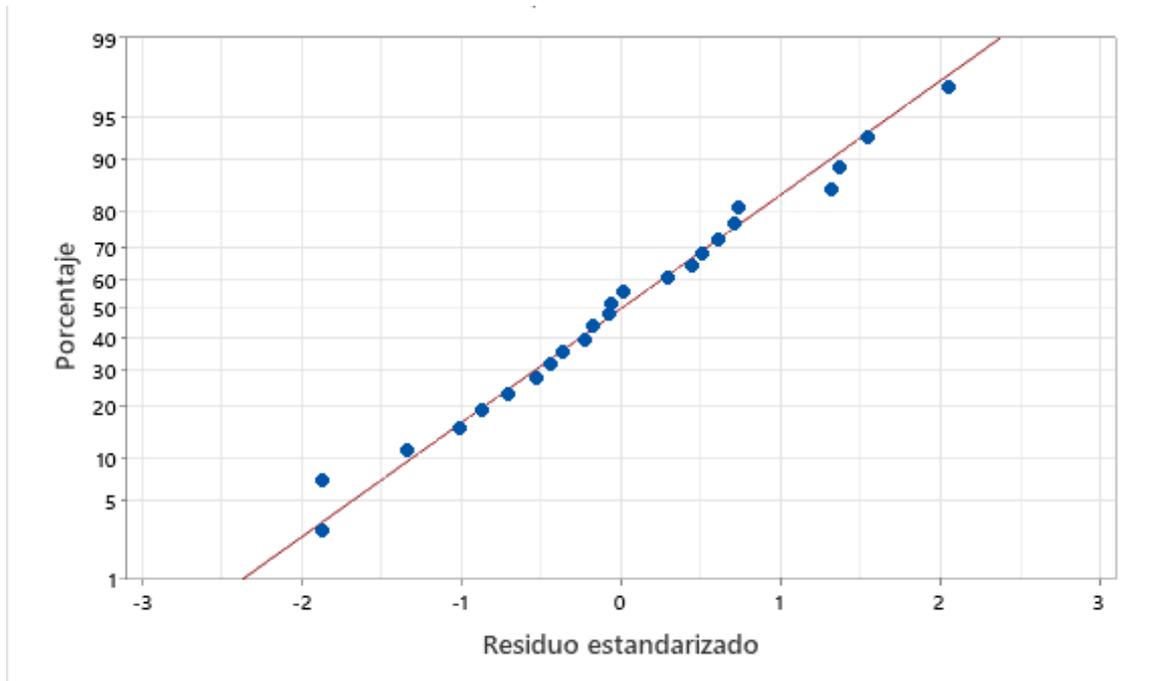
$$\text{IP (\%)} = 5.74 - 112 \text{ Cemento} + 1167 \text{ Proes} - 2133 \text{ Conaid} - 281667 \text{ Cemento*Proes} - 211667 \text{ Cemento*Conaid} - 28250000 \text{ Proes*Conaid} + 1766666667 \text{ Cemento*Proes*Conaid}$$

La ecuación refleja que el cemento y Conaid afectan negativamente al IP, mientras que Proes lo influye positivamente. Sin embargo, la baja capacidad predictiva (R-cuadrado

predicho de 8.38%) indica que la ecuación debe usarse con precaución para extrapolaciones. Las interacciones no son significativas y no aportan al modelo.

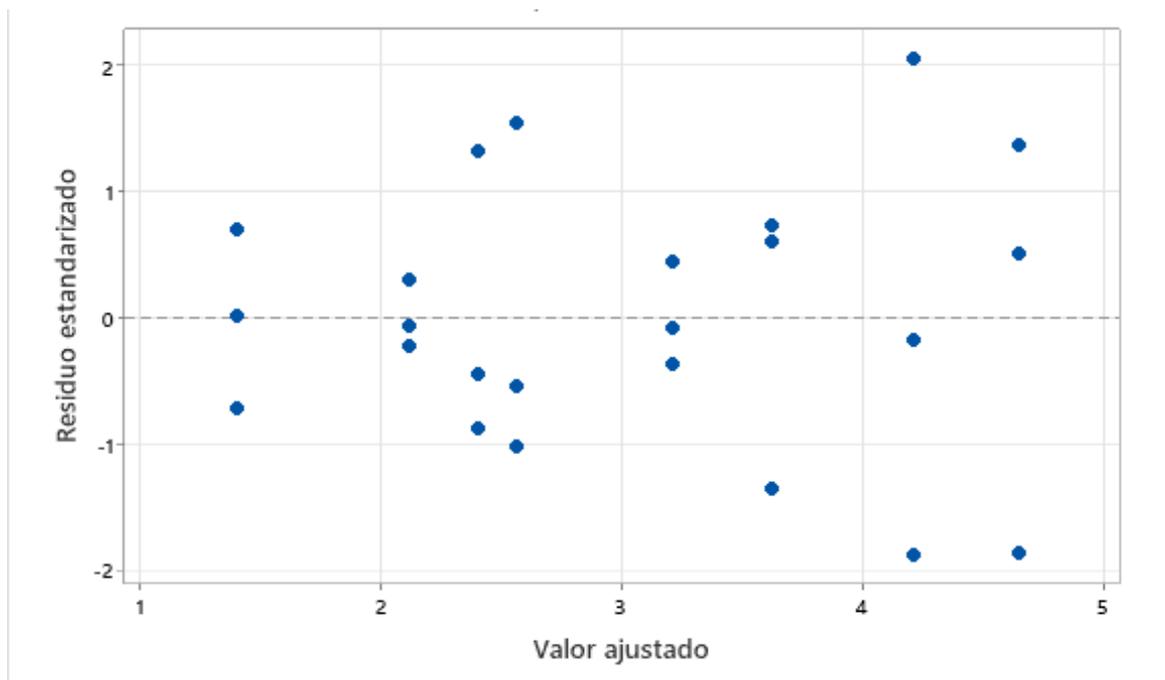
1. Validación del modelo (calidad del ajuste)

Figura N° 45 Probabilidad normal del índice de plasticidad



Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del software Minitab.

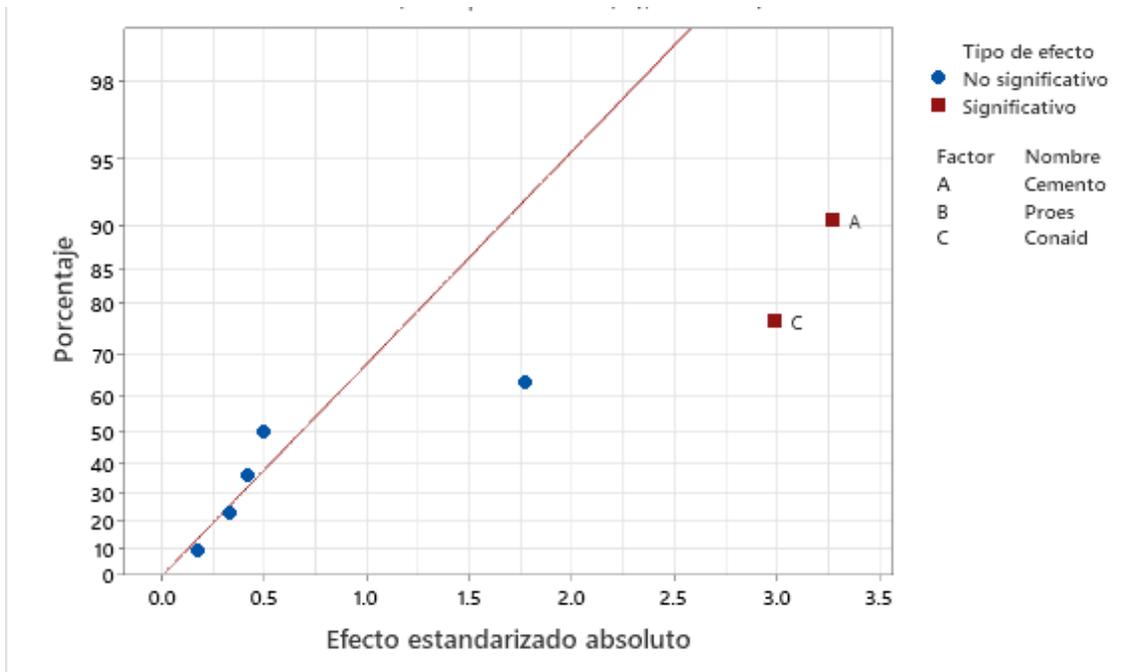
Figura N° 46 Evaluación de residuos frente a los valores ajustados del índice de plasticidad



Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del software Minitab.

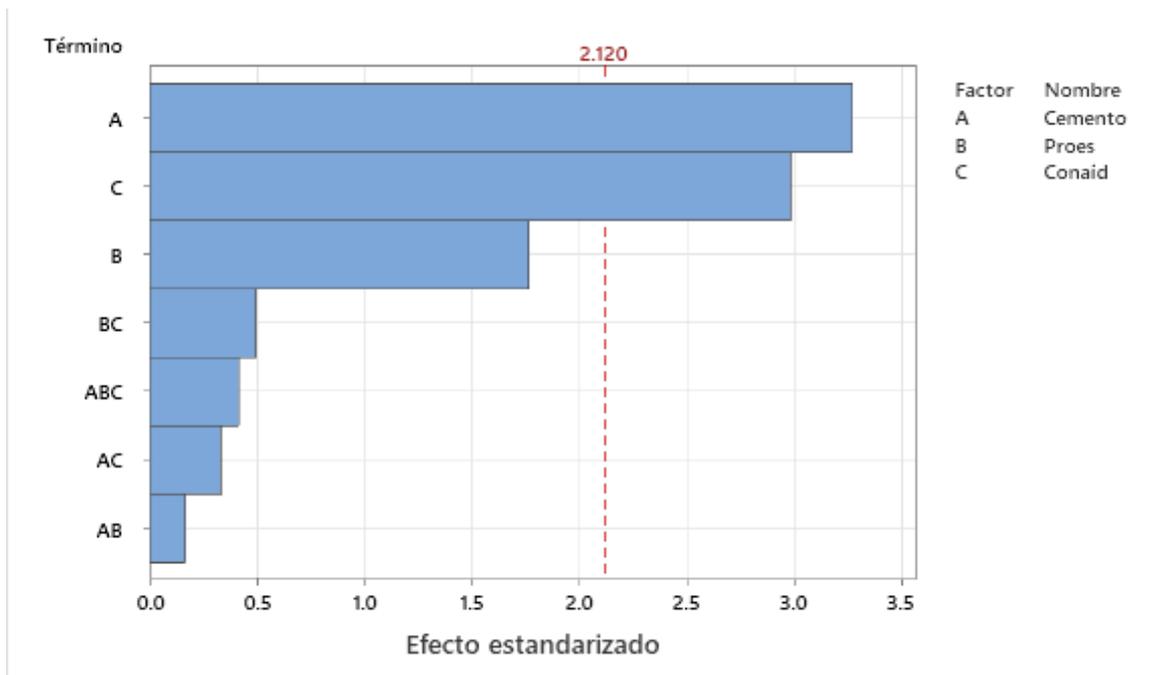
2. Identificación de efectos significativos

Figura N° 47 Efectos normales estandarizados del índice de plasticidad



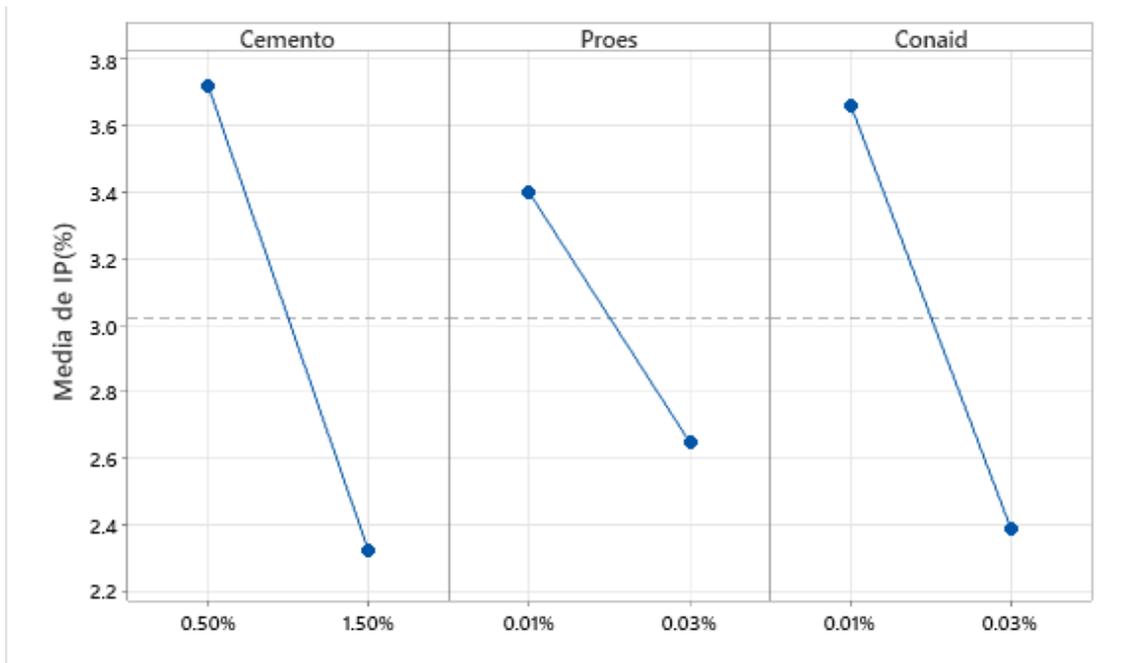
Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del software Minitab.

Figura N° 48 Pareto de efectos estandarizados del índice de plasticidad



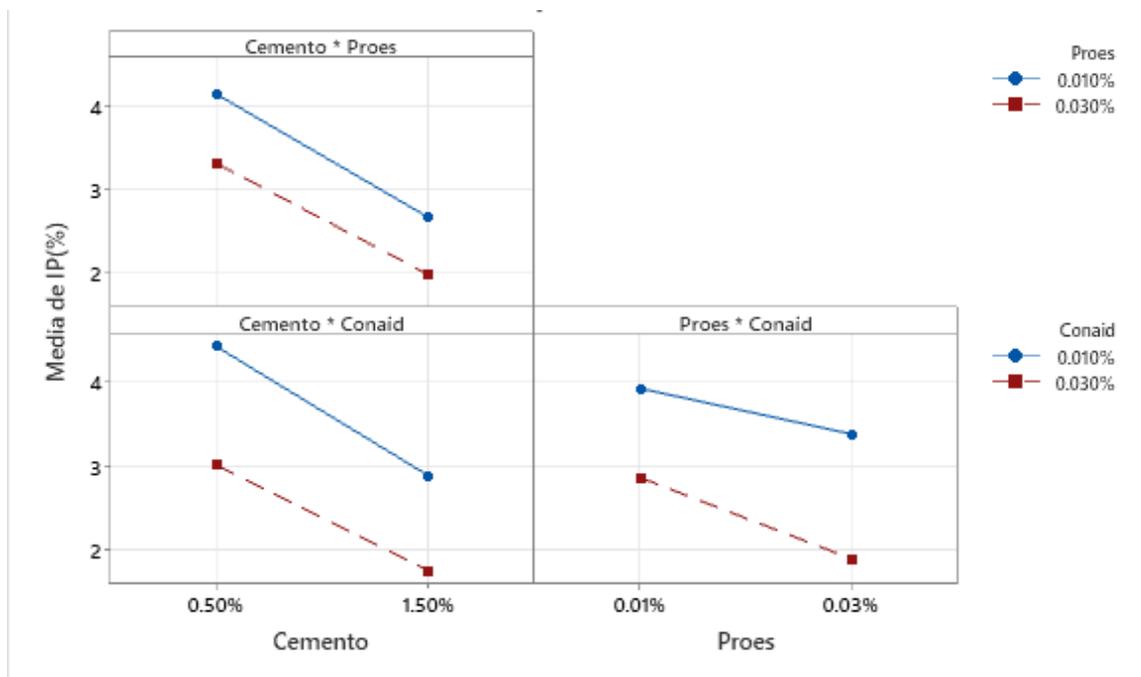
Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del software Minitab.

Figura N° 49 Efectos principales de los factores sobre el índice de plasticidad



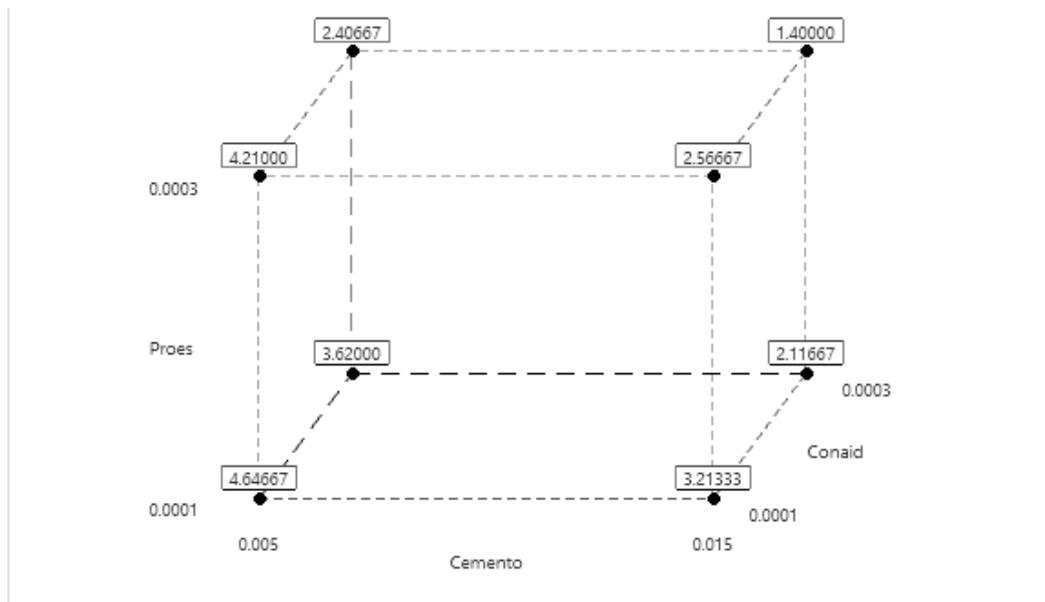
Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del software Minitab.

Figura N° 50 Interacción entre factores para el índice de plasticidad



Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del software Minitab.

Figura N° 51 Cubo de medias para el índice de plasticidad en función de factores



Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del software Minitab.

4.4.4 Análisis estadístico para densidad máxima seca (DMS)

Tabla 45 Resumen estadístico del modelo de regresión para el análisis de la densidad máxima seca

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	R-cuadrado (pred)
0.0113652	81.18%	72.95%	57.66%

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del software Minitab.

El modelo de regresión obtenido para la DMS presenta un buen ajuste a los datos experimentales. El alto valor de R-cuadrado (81.18%) y el valor p global altamente significativo indican que el modelo representa adecuadamente la relación entre los factores evaluados y la respuesta. Además, la significancia individual de los tres factores principales (Cemento, Proes y Conaid) sugiere que cada uno influye de forma directa y significativa sobre la DMS.

Tabla 46 *Análisis de varianza del modelo de regresión para la densidad máxima seca*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	7	0.008917	0.001274	9.86	0.000
Lineal	3	0.008767	0.002922	22.62	0.000
Cemento	1	0.007350	0.007350	56.90	0.000
Proes	1	0.000817	0.000817	6.32	0.023
Conaid	1	0.000600	0.000600	4.65	0.047
Interacciones de 2 términos	3	0.000083	0.000028	0.22	0.885
Cemento*Proes	1	0.000017	0.000017	0.13	0.724
Cemento*Conaid	1	0.000000	0.000000	0.00	1.000
Proes*Conaid	1	0.000067	0.000067	0.52	0.483
Interacciones de 3 términos	1	0.000067	0.000067	0.52	0.483
Cemento*Proes*Conaid	1	0.000067	0.000067	0.52	0.483
Error	16	0.002067	0.000129		
Total	23	0.010983			

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del software Minitab.

Aunque los tres factores principales (Cemento, Proes y Conaid) presentaron efectos significativos por separado ($p < 0.05$), no se evidenciaron efectos de interacción significativos entre ellos ($p > 0.48$), lo que sugiere que cada uno afecta la DMS de manera independiente.

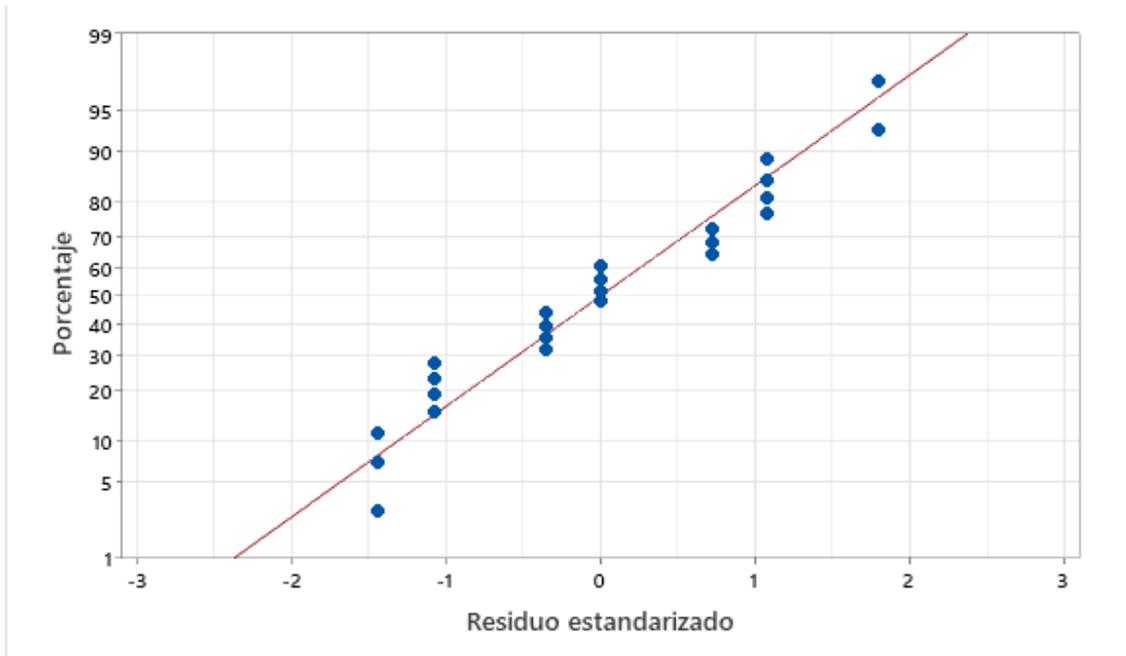
La ecuación de regresión en unidades no codificadas fue la siguiente:

$$\text{DMS(g/cm}^3\text{)} = 1.9058 + 2.50 \text{ Cemento} + 42 \text{ Proes} + 17 \text{ Conaid} + 5000 \text{Cemento*Proes} + 6667 \text{ Cemento*Conaid} + 166667 \text{ Proes*Conaid} - 33333333 \text{ Cemento*Proes*Conaid}$$

El modelo puede considerarse sólido para análisis predictivos, aunque su R-cuadrado predicho (57.66%) indica que podría beneficiarse de futuras mejoras mediante mayor cantidad de datos o exploración de efectos no lineales.

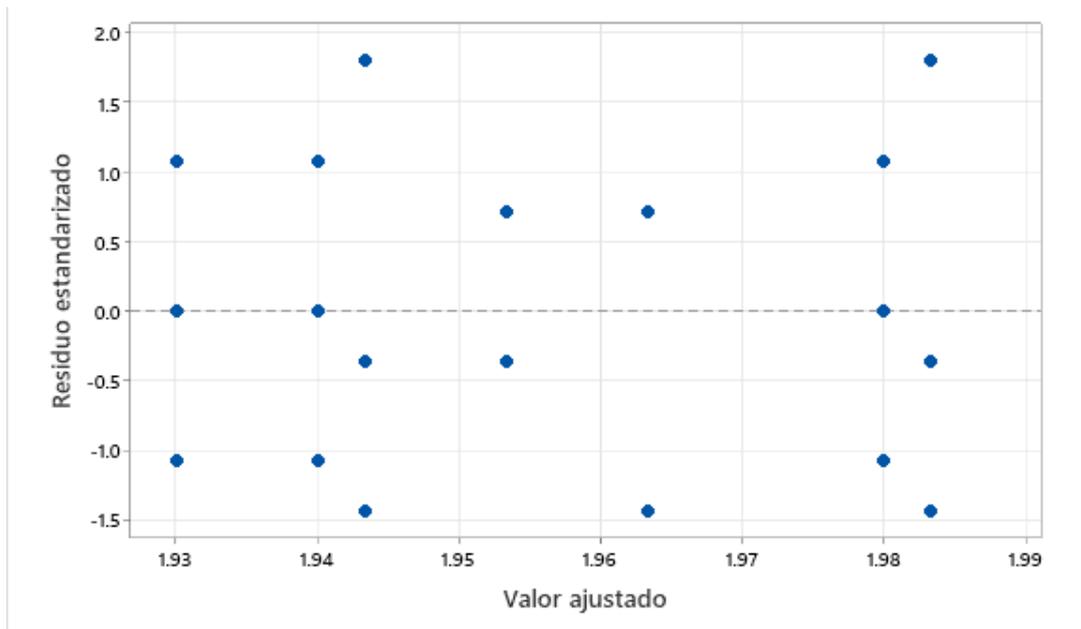
1. Validación del modelo (calidad del ajuste)

Figura N° 52 Probabilidad normal de densidad máxima seca



Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del software Minitab.

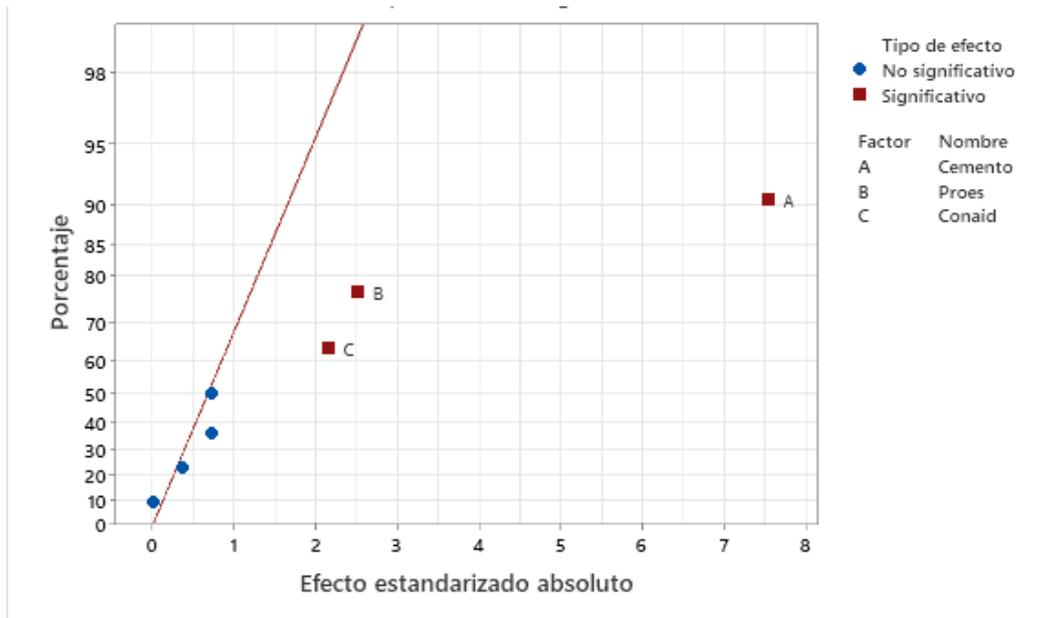
Figura N° 53 Evaluación de residuos frente a los valores ajustados de la densidad máxima seca



Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del software Minitab.

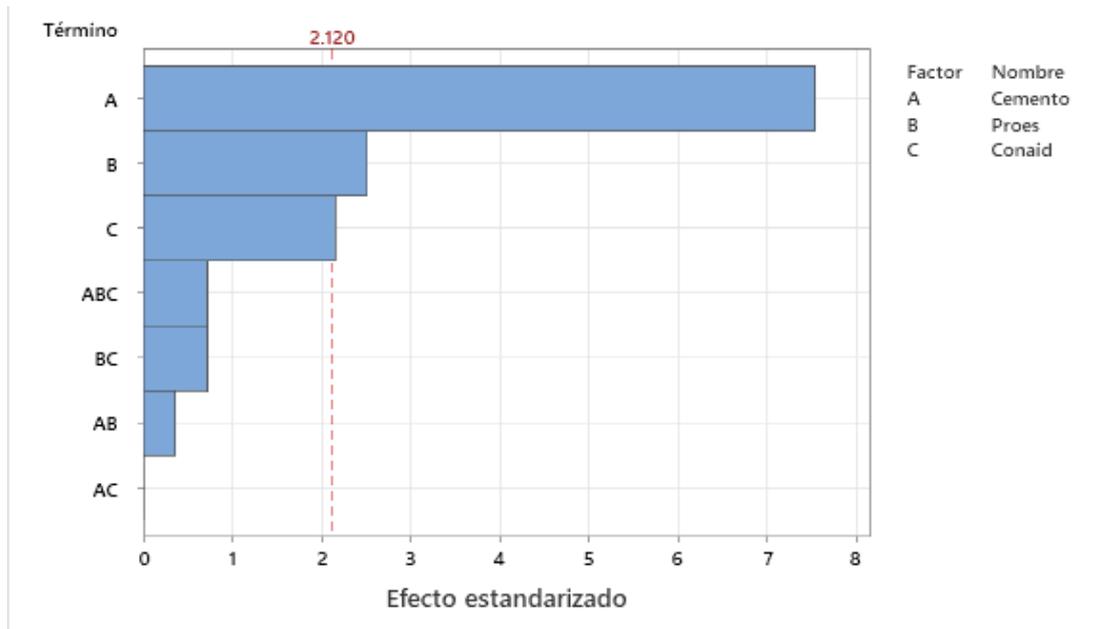
2. Identificación de efectos significativos

Figura N° 54 Efectos normales estandarizados de la densidad máxima seca



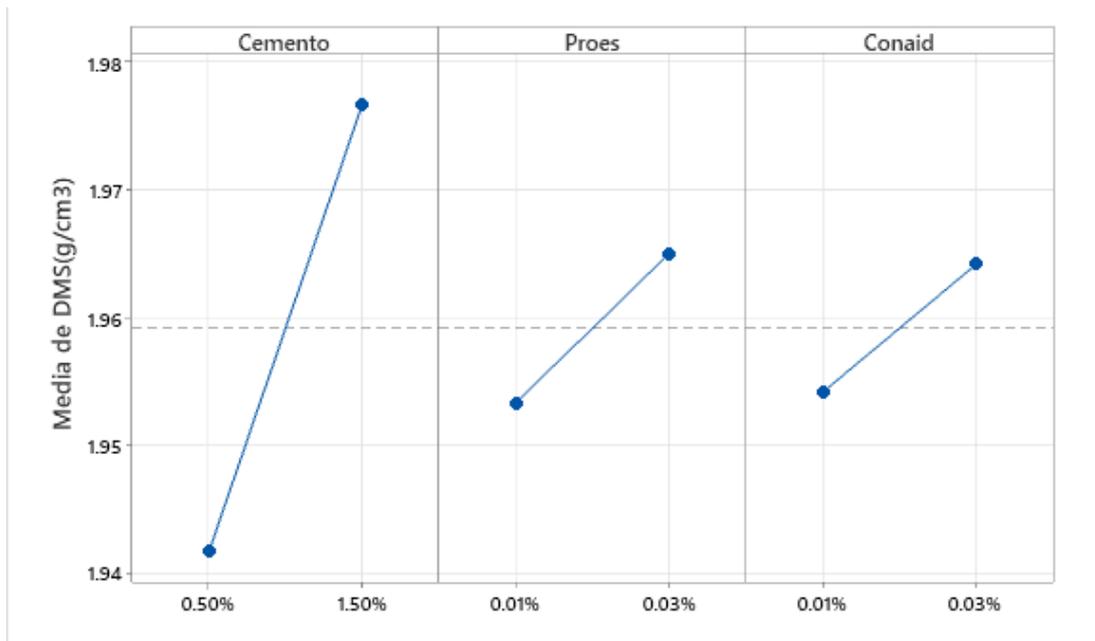
Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del software Minitab.

Figura N° 55 Pareto de efectos estandarizados de la densidad máxima seca



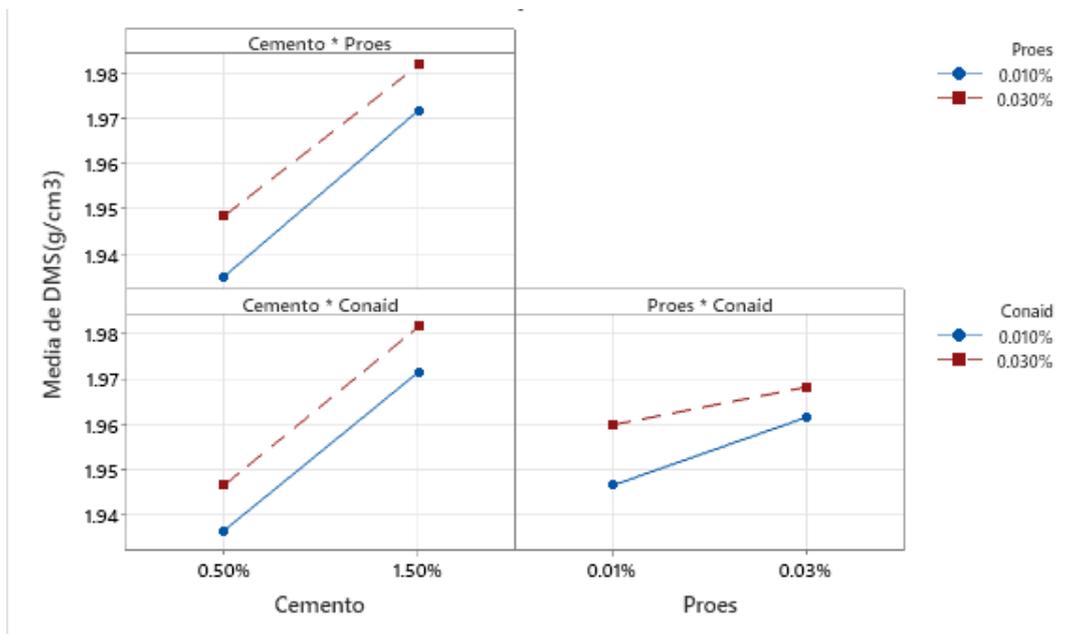
Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del software Minitab.

Figura N° 56 Gráfica de efectos principales de los factores sobre la densidad máxima seca



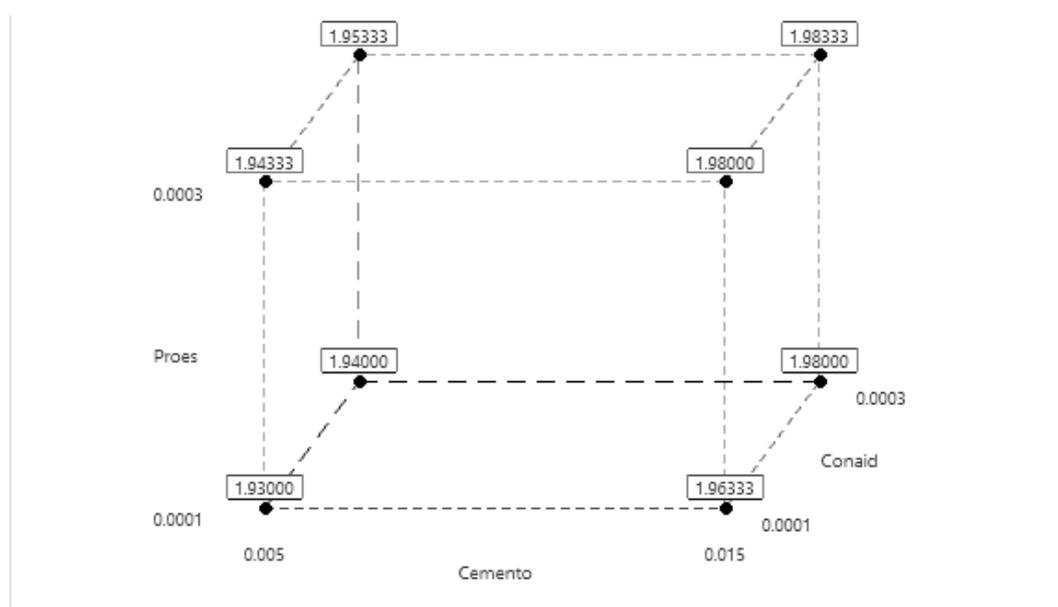
Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del software Minitab.

Figura N° 57 Interacción entre los factores para la densidad máxima seca



Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del software Minitab.

Figura N° 58 Cubo de medias para la densidad máxima seca en función de factores



Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del software Minitab.

4.4.5 Análisis estadístico para contenido de humedad óptima (CHO)

Tabla 47 Resumen estadístico del modelo de regresión para el análisis de humedad óptima

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	R-cuadrado (pred)
0.748053	38.98%	12.29%	0.00%

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del software Minitab.

Los resultados obtenidos muestran que el modelo de regresión para el contenido de CHO (%) presenta una baja capacidad explicativa y predictiva, lo que sugiere que las variables consideradas no son suficientes o adecuadas para explicar la variación de esta variable. Aunque el valor de R-cuadrado (38.98%) indica una explicación parcial de la variabilidad, el R-cuadrado ajustado (12.29%) y el predicho (0.00%) confirman que el modelo no se sostiene con solidez estadística, y no puede considerarse confiable para la predicción de nuevos datos.

Tabla 48 *Análisis de varianza del modelo de regresión para la humedad optima*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	7	5.7200	0.81714	1.46	0.250
Lineal	3	2.3217	0.77389	1.38	0.284
Cemento	1	0.0267	0.02667	0.05	0.830
Proes	1	0.1350	0.13500	0.24	0.630
Conaid	1	2.1600	2.16000	3.86	0.067
Interacciones de 2 términos	3	3.3567	1.11889	2.00	0.155
Cemento*Proes	1	1.8150	1.81500	3.24	0.091
Cemento*Conaid	1	1.5000	1.50000	2.68	0.121
Proes*Conaid	1	0.0417	0.04167	0.07	0.788
Interacciones de 3 términos	1	0.0417	0.04167	0.07	0.788
Cemento*Proes*Conaid	1	0.0417	0.04167	0.07	0.788
Error	16	8.9533	0.55958		
Total	23	14.6733			

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del software Minitab.

Dentro del análisis individual de efectos, destaca la variable Conaid, que si bien no fue estadísticamente significativa ($p = 0.067$), se aproxima al umbral habitual de significancia (0.05), sugiriendo un posible efecto que podría confirmarse con un mayor tamaño muestral. Lo mismo ocurre con las interacciones Cemento*Proes y Cemento*Conaid, cuyos valores p relativamente bajos indican una tendencia que podría ser relevante bajo otras condiciones o en un modelo refinado.

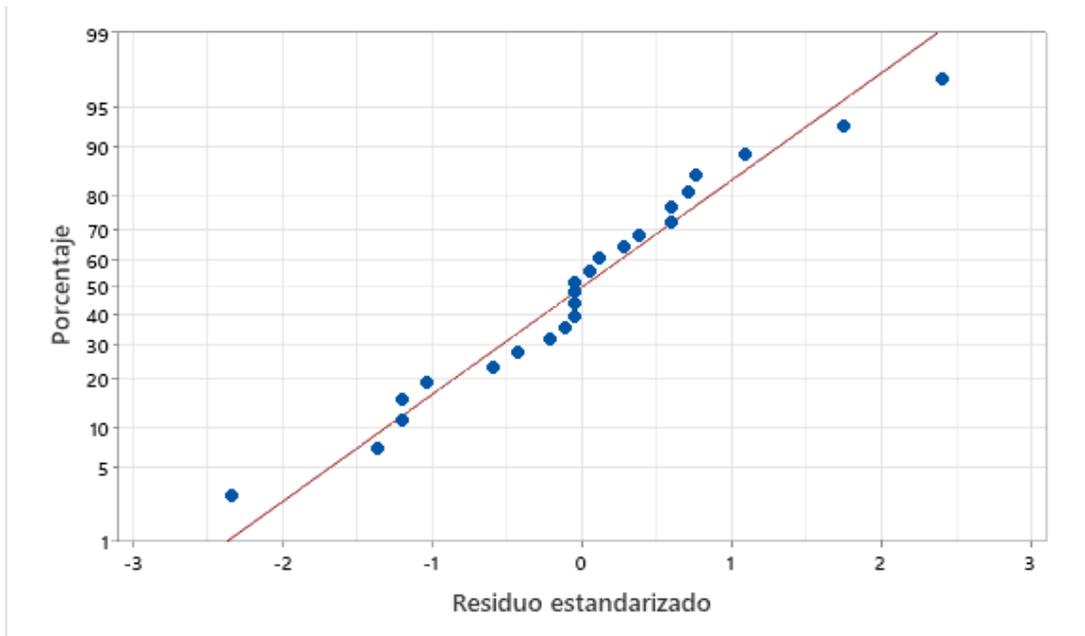
La ecuación de regresión en unidades no codificadas fue la siguiente:

$$\text{CHO (\%)} = 15.17 - 17 \text{ Cemento} + 3917 \text{ Proes} - 8833 \text{ Conaid} - 383333 \text{ Cemento*Proes} + 666667 \text{ Cemento*Conaid} + 4166667 \text{ Proes*Conaid} - 833333333 \text{ Cemento*Proes*Conaid}$$

Esta ecuación sugiere que, dentro del rango de estudio, un incremento en el contenido de Cemento y Conaid tiende a disminuir los valores de CHO, mientras que Proes tiene un efecto positivo. Las interacciones entre factores presentan coeficientes altos, pero debido a su falta de significancia estadística, estos efectos no pueden ser considerados concluyentes. En conjunto, el modelo debe usarse únicamente para propósitos descriptivos dentro de los niveles analizados y no para extrapolaciones.

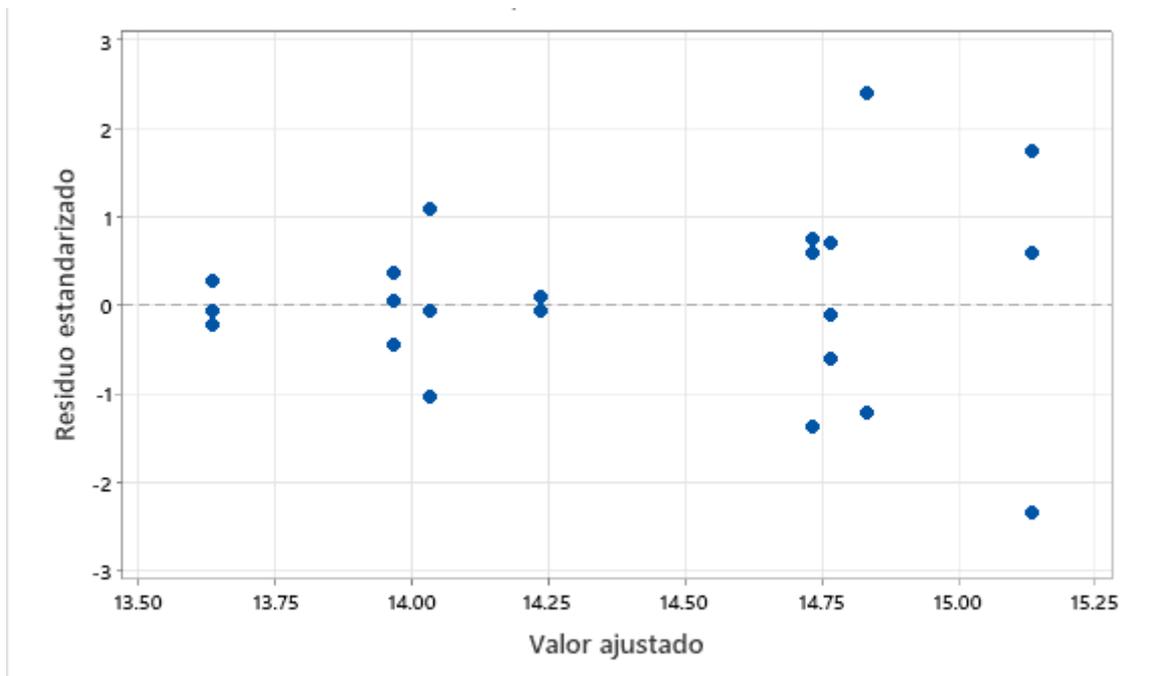
1. Validación del modelo (calidad del ajuste)

Figura N° 59 Probabilidad normal de humedad óptima



Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del software Minitab.

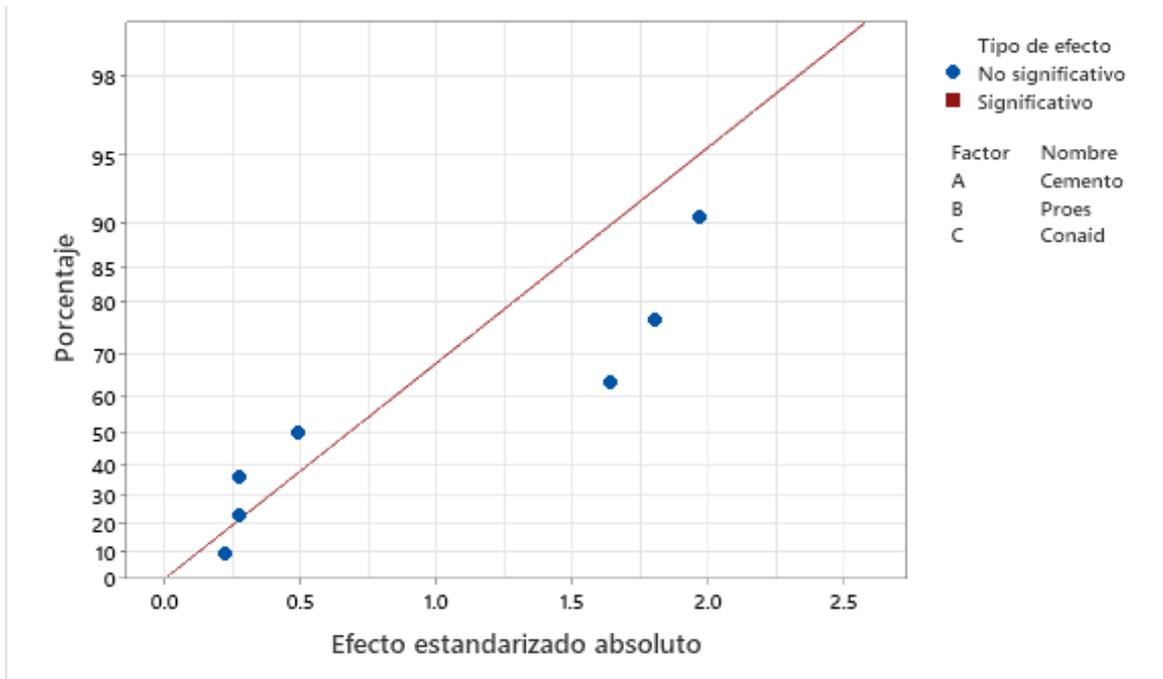
Figura N° 60 Evaluación de residuos frente a los valores ajustados de humedad óptima



Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del software Minitab.

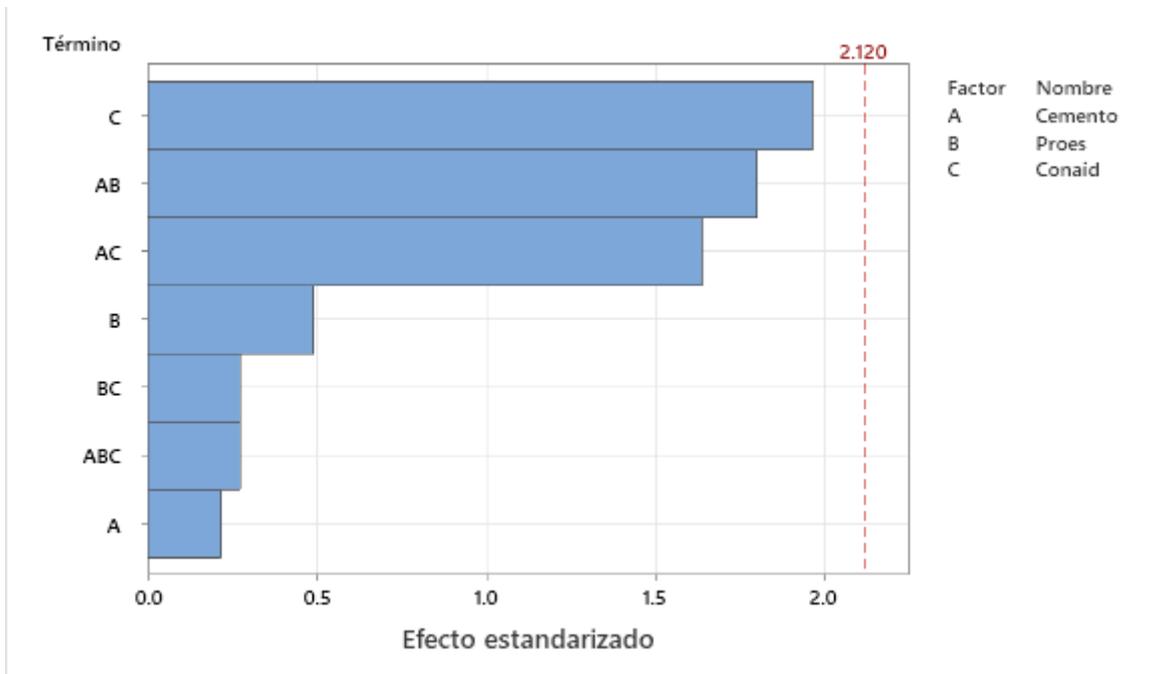
2. Identificación de efectos significativos

Figura N° 61 Efectos normales estandarizados de humedad óptima



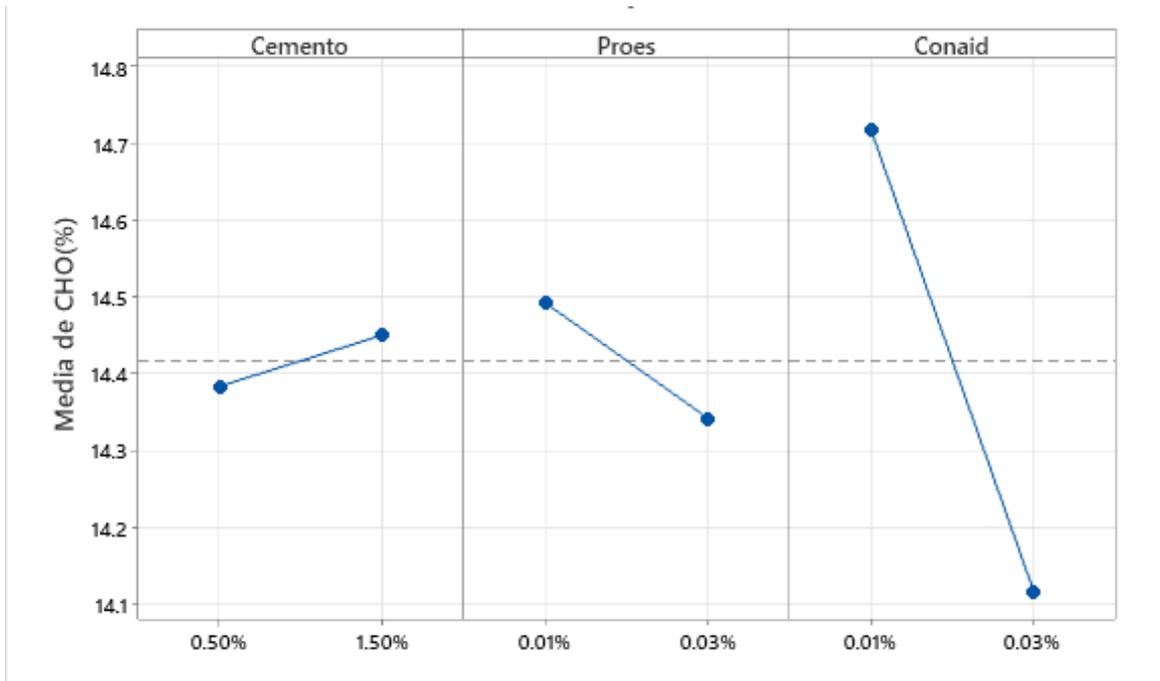
Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del software Minitab.

Figura N° 62 Pareto de efectos estandarizados de humedad óptima



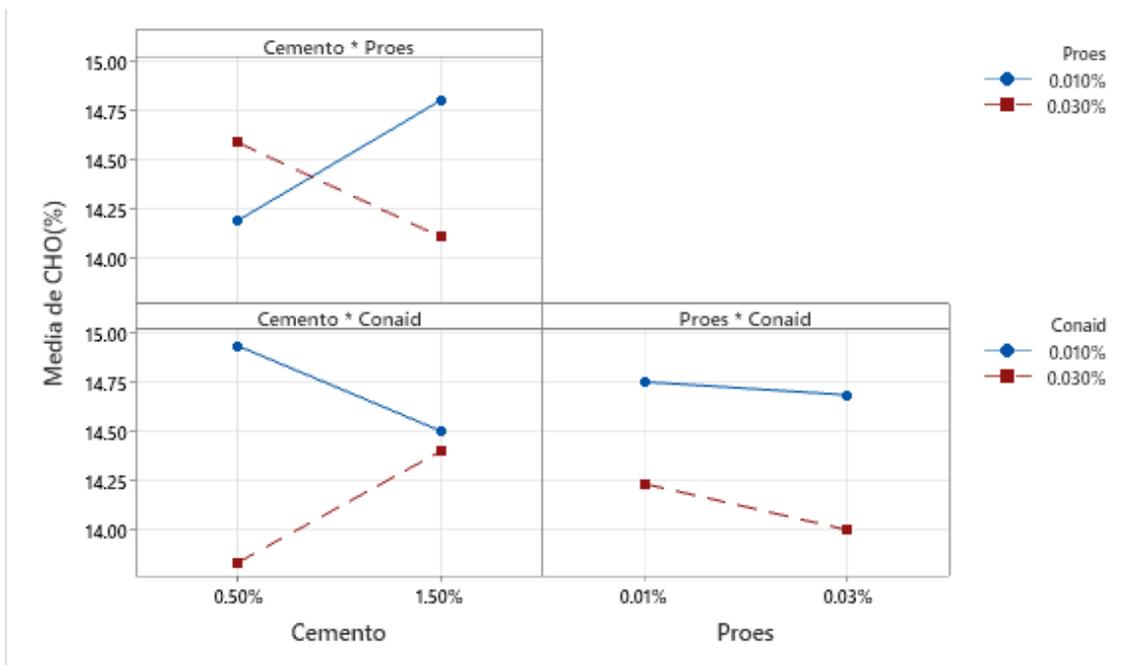
Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del software Minitab.

Figura N° 63 Efectos principales de los factores sobre humedad óptima



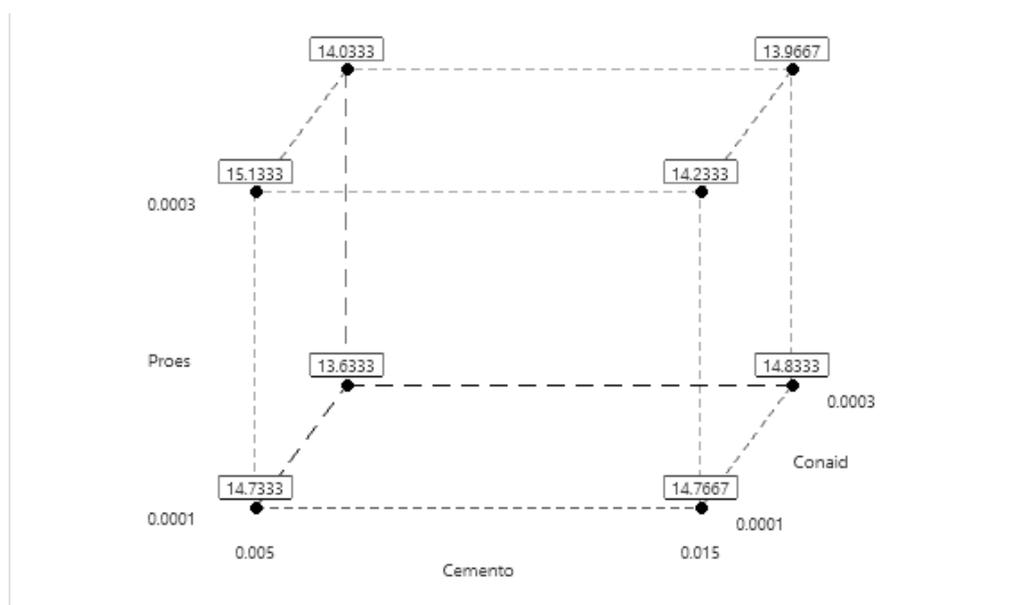
Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del software Minitab.

Figura N° 64 Interacción entre los factores para humedad óptima



Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del software Minitab.

Figura N° 65 Cubo de medias para la humedad óptima en función de factores



Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del software Minitab.

4.4.6 Análisis estadístico para CBR

Tabla 49 Resumen estadístico del modelo de regresión para el análisis de CBR

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	R-cuadrado (pred)
2.50541	99.05%	98.63%	97.85%

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del software Minitab.

Los resultados obtenidos del modelo de regresión evidencian una relación estadísticamente significativa entre las variables Cemento, Proes y Conaid, así como sus interacciones, con respecto a la variable de respuesta analizada. El alto valor de R-cuadrado (99.05%) confirma que el modelo tiene un excelente ajuste a los datos observados, lo cual se ve reforzado por el R-cuadrado ajustado (98.63%) y el R-cuadrado predicho (97.85%), indicando que el modelo no solo describe adecuadamente los datos actuales, sino que también posee una capacidad predictiva destacable.

Tabla 50 *Análisis de varianza del modelo de regresión para CBR*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	7	10431.1	1490.16	237.40	0.000
Lineal	3	10089.5	3363.18	535.79	0.000
Cemento	1	8369.4	8369.39	1333.32	0.000
Proes	1	1003.4	1003.37	159.85	0.000
Conaid	1	716.8	716.79	114.19	0.000
Interacciones de 2 términos	3	277.8	92.61	14.75	0.000
Cemento*Proes	1	55.8	55.75	8.88	0.009
Cemento*Conaid	1	109.6	109.57	17.46	0.001
Proes*Conaid	1	112.5	112.49	17.92	0.001
Interacciones de 3 términos	1	63.8	63.77	10.16	0.006
Cemento*Proes*Conaid	1	63.8	63.77	10.16	0.006
Error	16	100.4	6.28		
Total	23	10531.6			

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del software Minitab.

El análisis de varianza demuestra que las tres variables principales (Cemento, Proes y Conaid) tienen un impacto individual altamente significativo sobre la variable de estudio. Este resultado valida su inclusión en el modelo y evidencia que cada una tiene un efecto sustancial en el comportamiento del sistema.

Las interacciones de segundo y tercer orden también resultaron significativas, lo cual sugiere que el efecto de cada variable no es completamente independiente, sino que depende de los niveles de las otras variables. En particular, la significancia estadística de la interacción triple (CementoProesConaid, $p = 0.006$) indica una sinergia importante entre los tres factores que debe ser considerada en la toma de decisiones o formulación de mezclas/procesos.

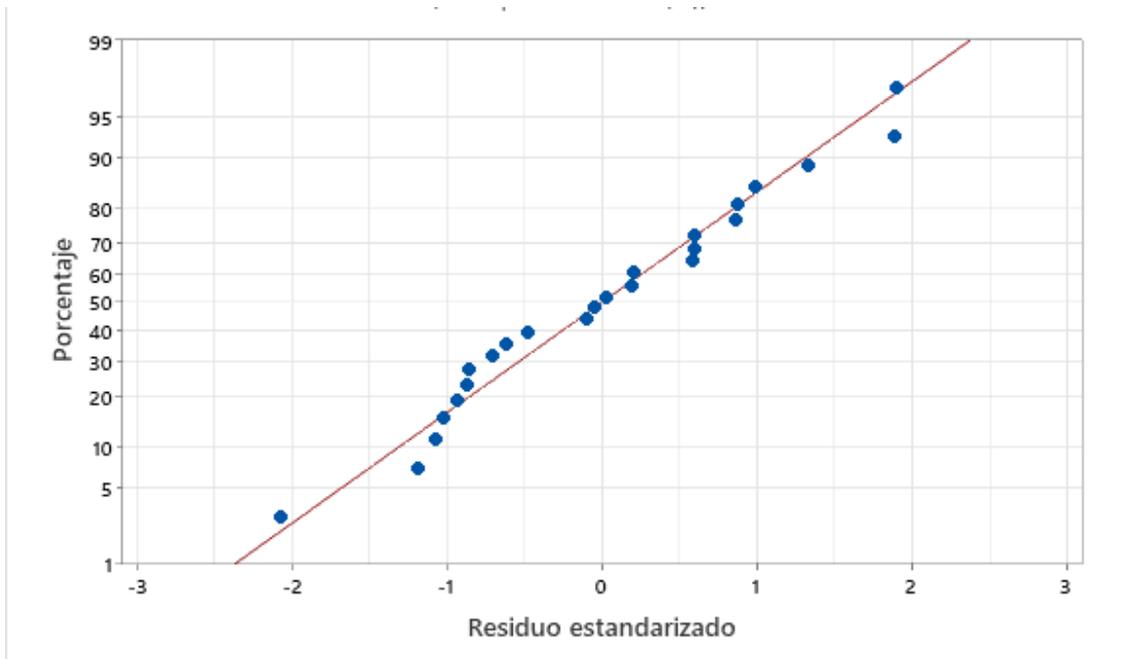
La ecuación de regresión en unidades no codificadas fue la siguiente:

$$\begin{aligned} \text{CBR (\%)} = & 15.15 + 966 \text{ Cemento} + 12275 \text{ Proes} - 9983 \text{ Conaid} + 9568333 \\ & \text{Cemento*Proes} + 10793333 \text{ Cemento*Conaid} + 109500000 \text{ Proes*Conaid} - 32600000000 \\ & \text{Cemento*Proes*Conaid} \end{aligned}$$

Esta expresión indica que los factores Cemento y Proes ejercen una influencia positiva en el valor del CBR, mientras que Conaid tiene un efecto negativo. Las interacciones entre los factores también tienen un impacto considerable, con coeficientes muy altos, particularmente la interacción triple, que refleja un efecto combinado complejo entre los tres aditivos. Este modelo puede utilizarse con confianza para estimar el CBR en condiciones similares a las del estudio, tanto con fines analíticos como predictivos.

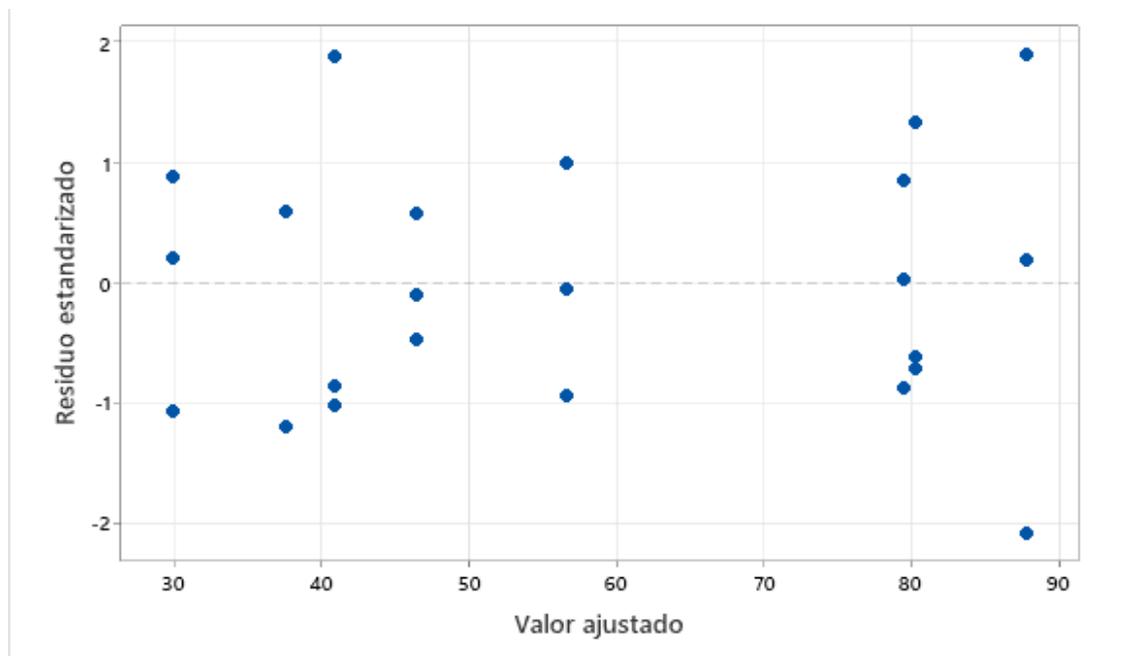
1. Validación del modelo (calidad del ajuste)

Figura N° 66 Probabilidad normal de CBR



Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del software Minitab.

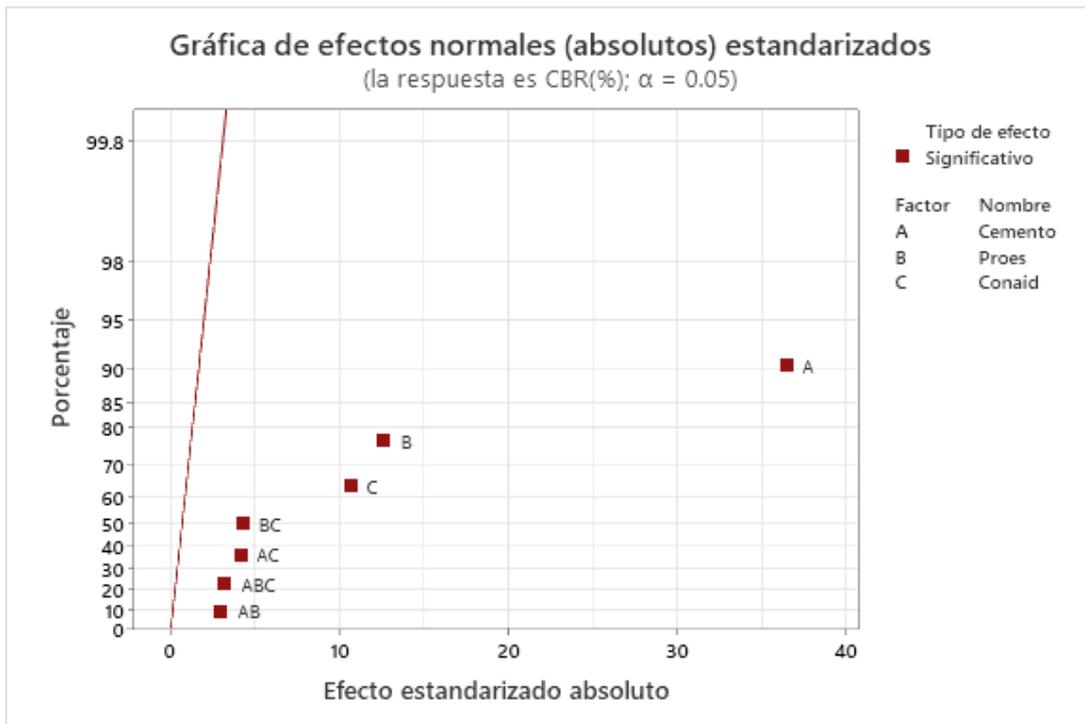
Figura N° 67 Evaluación de residuos frente a los valores ajustados de CBR



Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del software Minitab.

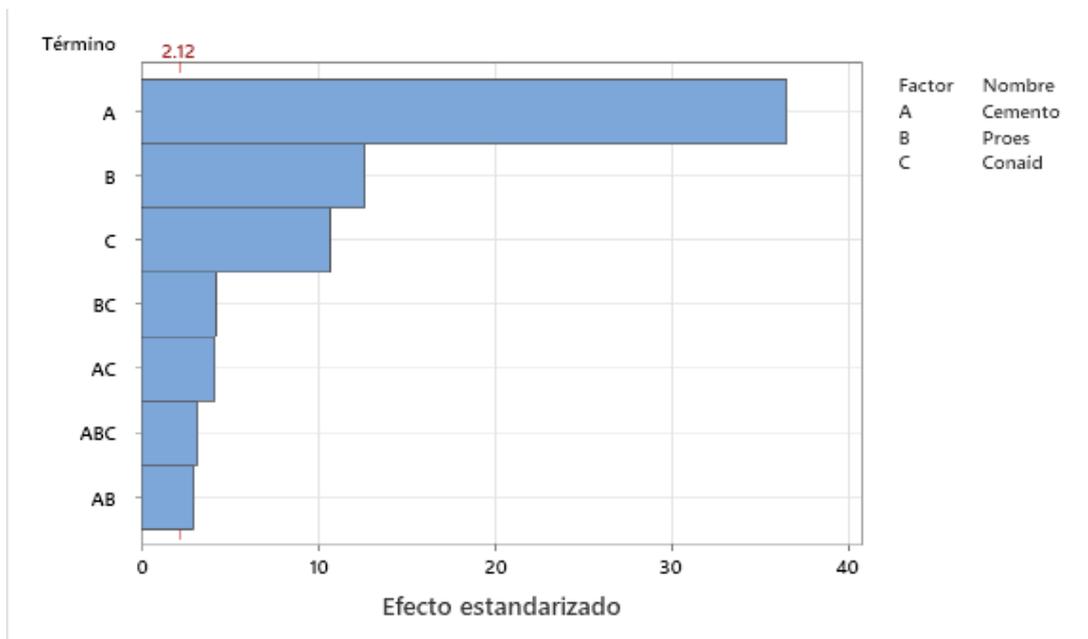
2. Identificación de efectos significativos

Figura N° 68 Efectos normales estandarizados de CBR



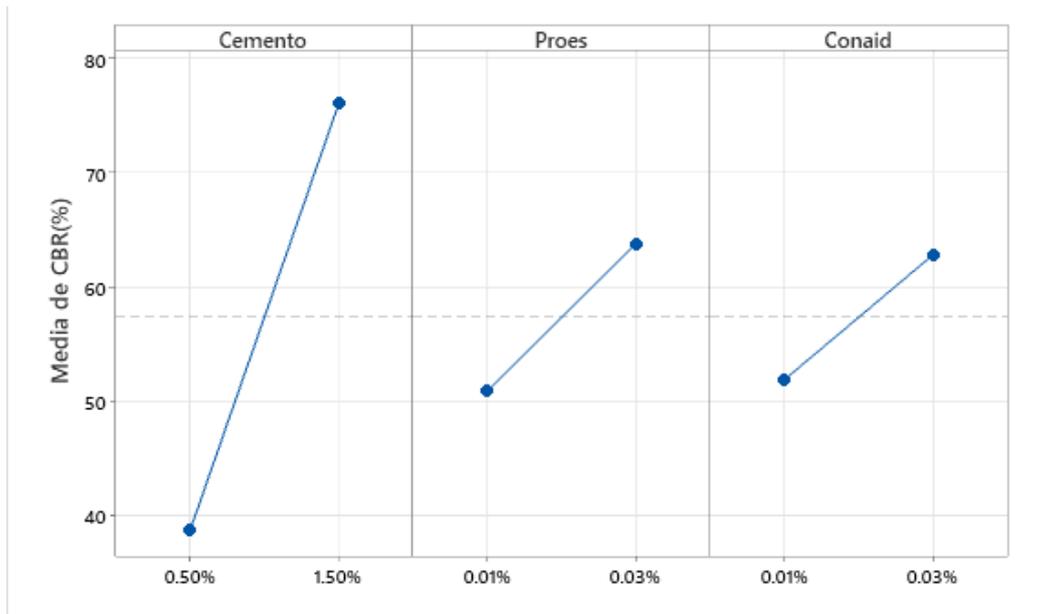
Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del software Minitab.

Figura N° 69 Pareto de efectos estandarizados de CBR



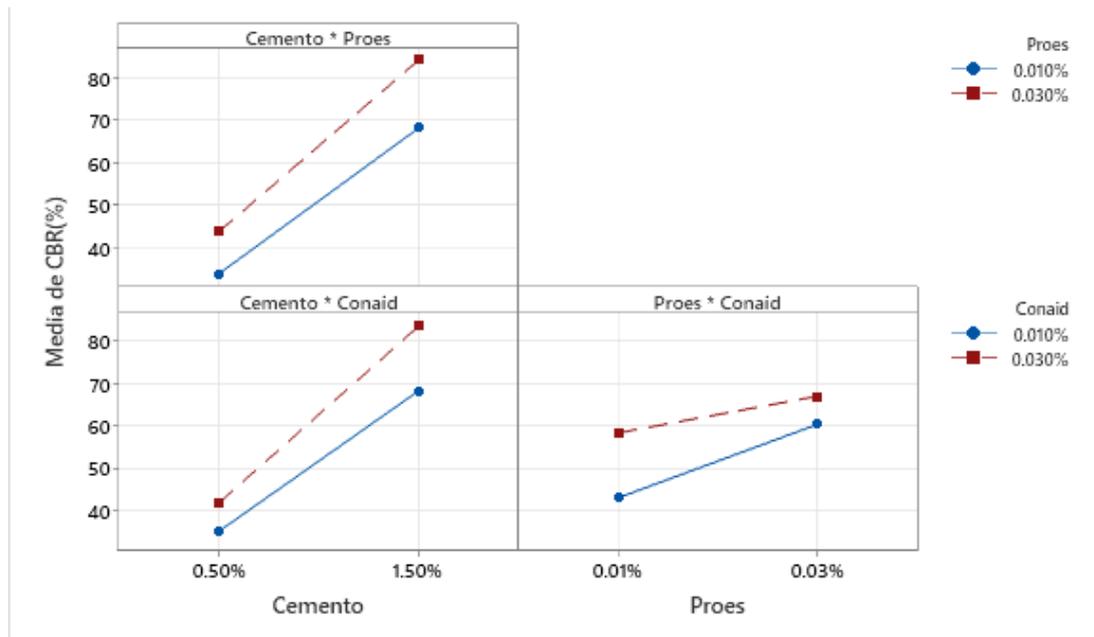
Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del software Minitab.

Figura N° 70 Efectos principales de los factores sobre CBR



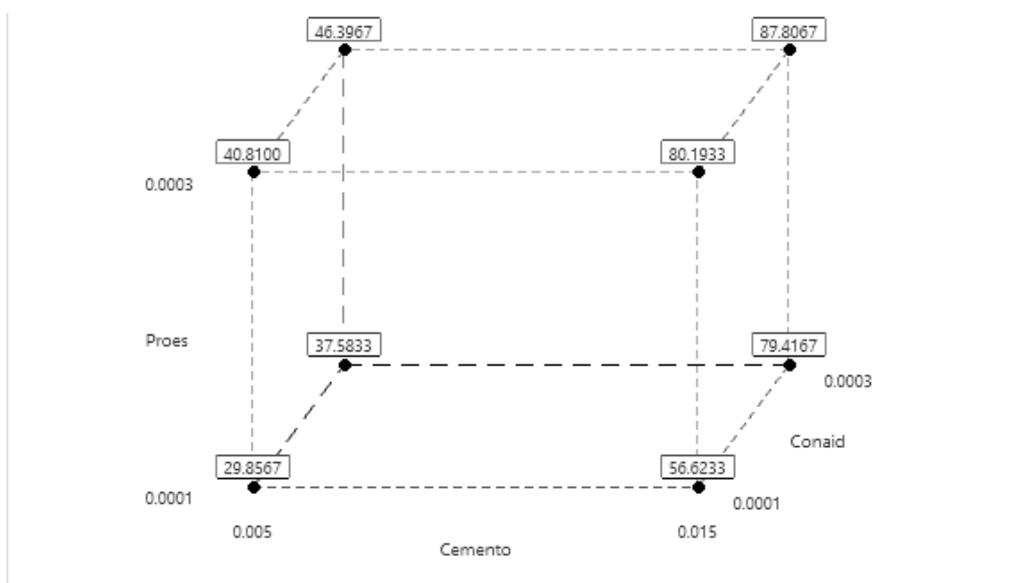
Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del software Minitab.

Figura N° 71 Interacción entre los factores para CBR



Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del software Minitab.

Figura N° 72 Cubo de medias para CBR en función de los factores



Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del software Minitab.

4.4.7 Análisis estadístico para Compresión no Confinada

Tabla 51 Resumen estadístico del modelo de regresión para el análisis de compresión no confinada

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	R-cuadrado (pred)
2.89287	83.95%	76.92%	63.88%

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del software Minitab.

El modelo estadístico obtenido presenta un error estándar de estimación (S) de 2.89287, lo que indica una desviación moderada entre los valores observados y los predichos. El coeficiente de determinación (R^2) de 83.95% muestra que el modelo explica una proporción considerable de la variabilidad de la variable dependiente, mientras que el R^2 ajustado, con un valor de 76.92%, corrige este indicador considerando el número de variables incluidas, evidenciando que el modelo es consistente, aunque podría optimizarse. Por último, el R^2 predictivo (63.88%) refleja una capacidad aceptable del modelo para predecir nuevos datos, lo que sugiere que, si bien el modelo posee una buena capacidad explicativa, su precisión predictiva disminuye ligeramente al aplicarse fuera de la muestra original.

Tabla 52 *Análisis de varianza del modelo de regresión para compresión no confinada*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	7	700.191	100.027	11.95	0.000
Lineal	3	640.532	213.511	25.51	0.000
Cemento	1	454.314	454.314	54.29	0.000
Proes	1	91.494	91.494	10.93	0.004
Conaid	1	94.724	94.724	11.32	0.004
Interacciones de 2 términos	3	59.562	19.854	2.37	0.109
Cemento*Proes	1	3.183	3.183	0.38	0.546
Cemento*Conaid	1	55.815	55.815	6.67	0.020
Proes*Conaid	1	0.564	0.564	0.07	0.798
Interacciones de 3 términos	1	0.096	0.096	0.01	0.916
Cemento*Proes*Conaid	1	0.096	0.096	0.01	0.916
Error	16	133.899	8.369		
Total	23	834.090			

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del software Minitab.

El análisis de varianza (ANOVA) indica que el modelo es globalmente significativo, lo que demuestra que al menos una de las variables analizadas tiene un efecto importante sobre la variable de respuesta. Entre los factores principales, el cemento destaca por presentar un efecto altamente significativo ($p < 0.001$), evidenciando que su variación influye de manera directa y sustancial en los resultados. En contraste, los demás factores y sus interacciones no muestran una incidencia estadísticamente relevante ($p > 0.05$), lo que sugiere que su contribución al modelo es mínima. El valor $F = 11.95$ confirma la fortaleza del modelo general, aunque la mayor parte de la capacidad explicativa proviene del efecto del cemento. En síntesis, el análisis respalda que el cemento constituye el principal determinante en la respuesta del sistema, por lo que el modelo podría simplificarse concentrándose en este factor para mejorar su eficiencia y evitar el sobreajuste.

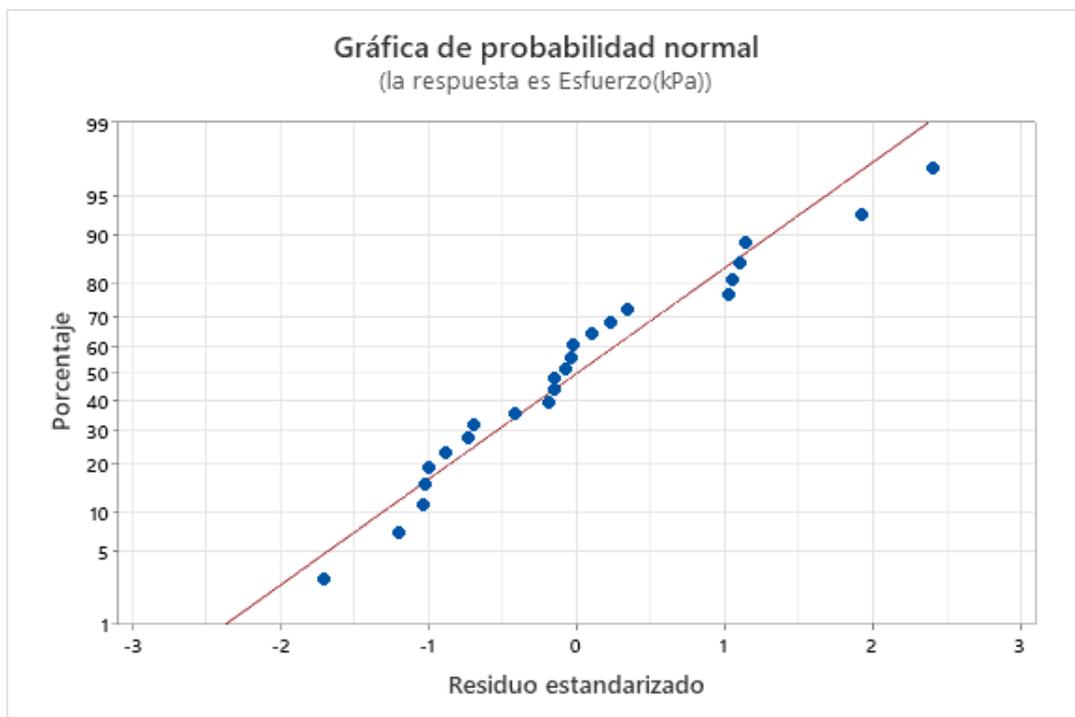
La ecuación de regresión en unidades no codificadas fue la siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Esfuerzo(kPa)} = & 21.79 + 355 \text{ Cemento} + 27342 \text{ Proes} - 10100 \text{ Conaid} - 475000 \\ & \text{Cemento*Proes} + 3303333 \text{ Cemento*Conaid} - 2666667 \text{ Proes*Conaid} - 1266666667 \\ & \text{Cemento*Proes*Conaid} \end{aligned}$$

El modelo de regresión obtenido permite estimar el esfuerzo (g/cm^2) en función de los porcentajes de cemento, Proes y Conaid, así como de sus interacciones. El término constante (21.79) corresponde al valor promedio del esfuerzo cuando todas las variables son cero. El coeficiente positivo del cemento (355) indica que, al aumentar su proporción, el esfuerzo tiende

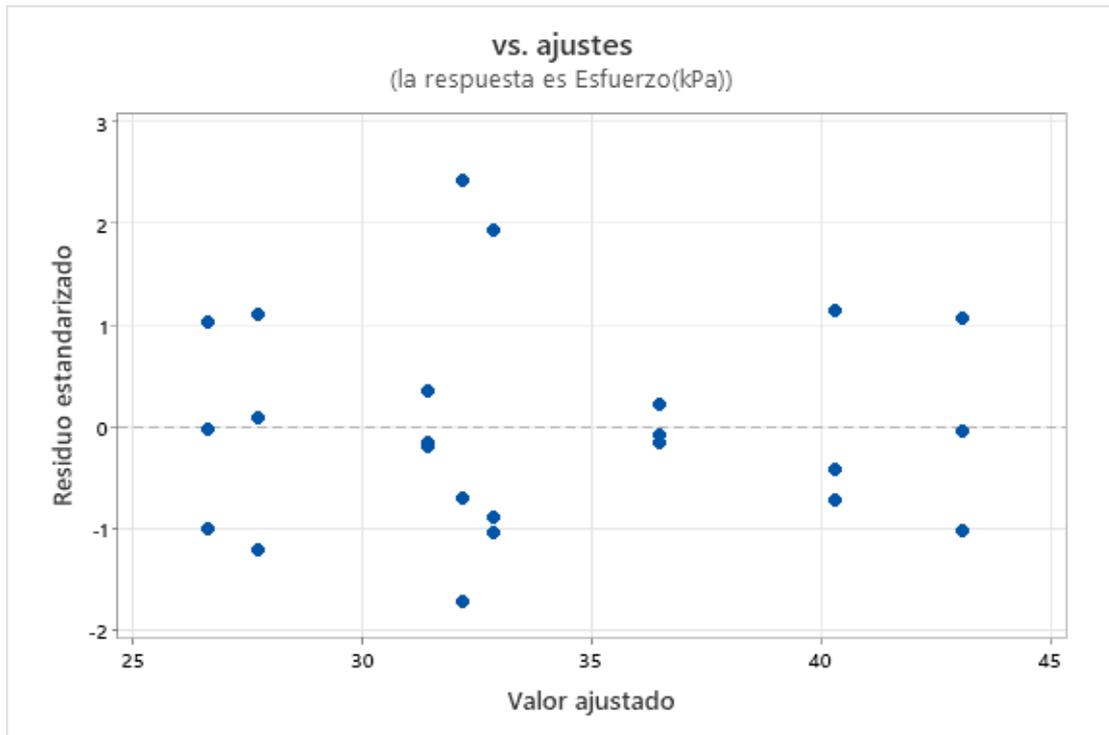
a incrementarse de manera directa, evidenciando su papel determinante en la resistencia del material. En cambio, los coeficientes de Proes y Conaid muestran comportamientos opuestos o de menor impacto individual, reflejando que sus variaciones no influyen significativamente en el modelo. Las interacciones entre las variables presentan coeficientes de gran magnitud, aunque con efectos mixtos (positivos y negativos), lo que sugiere relaciones complejas entre los factores. En conjunto, el modelo confirma que el cemento es el factor que más contribuye al aumento del esfuerzo, mientras que las demás variables y sus combinaciones tienen una incidencia secundaria o marginal.

Figura N° 73 Probabilidad normal de compresión no confinada



Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del software Minitab.

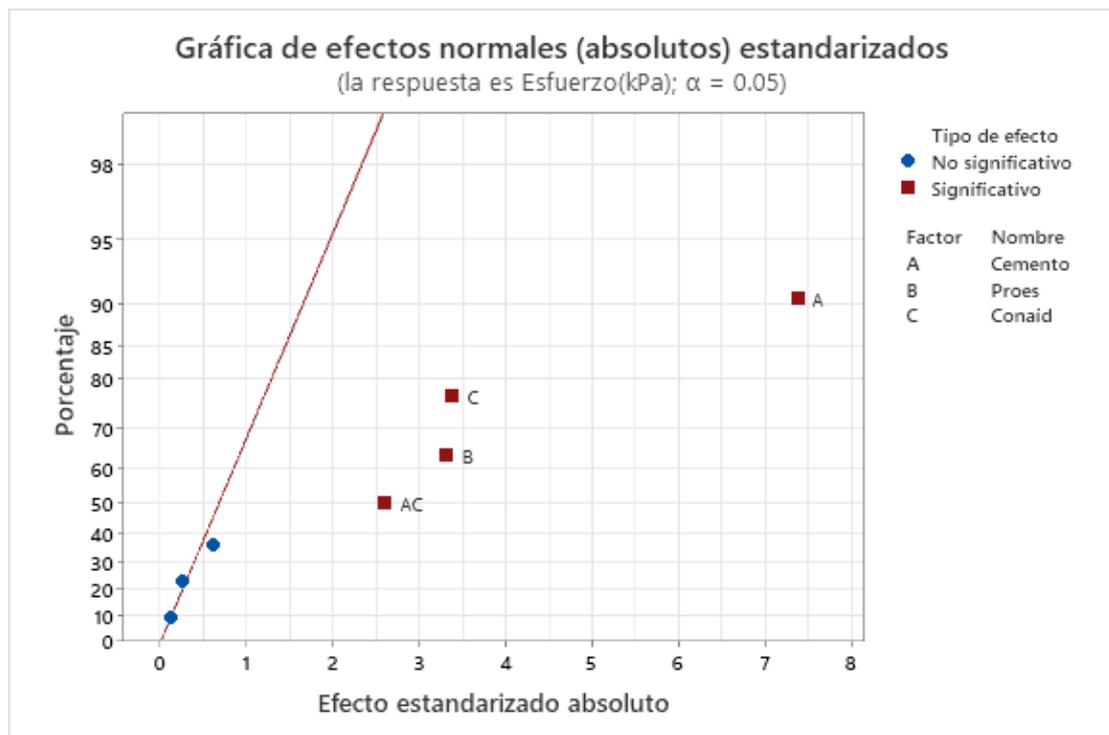
Figura N° 74 Evaluación de residuos frente a los valores ajustados de compresión no confinada



Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del software Minitab.

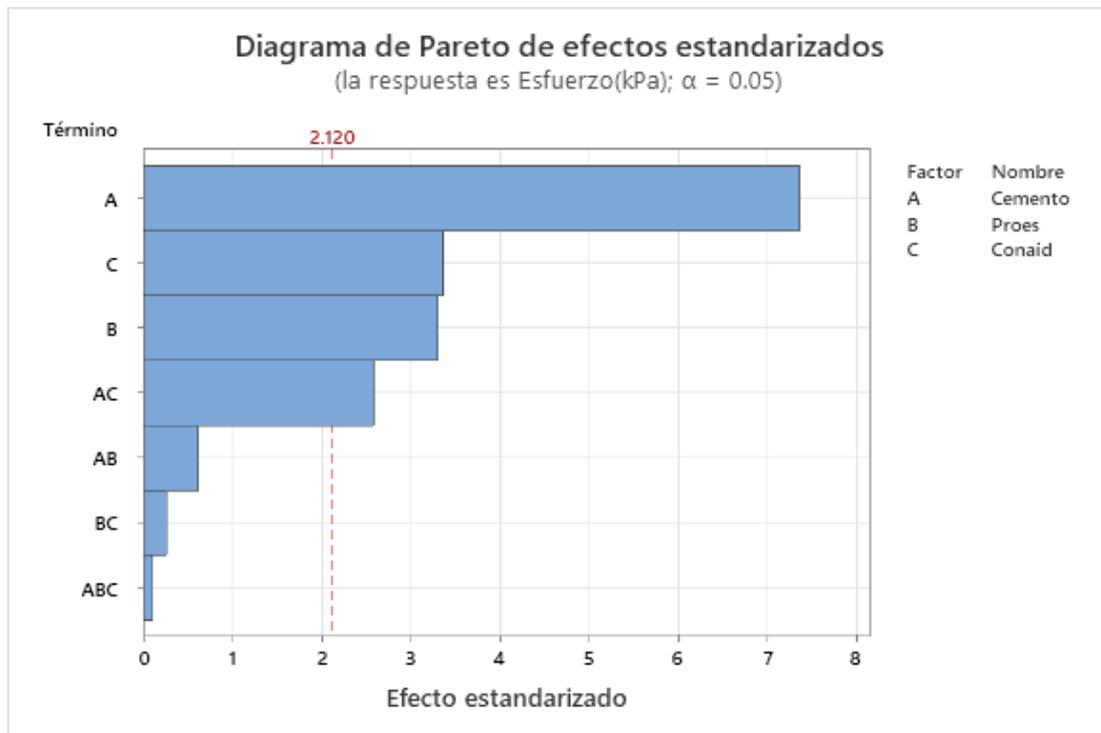
1. Identificación de efectos significativos

Figura N° 75 Efectos normales estandarizados de compresión no confinada



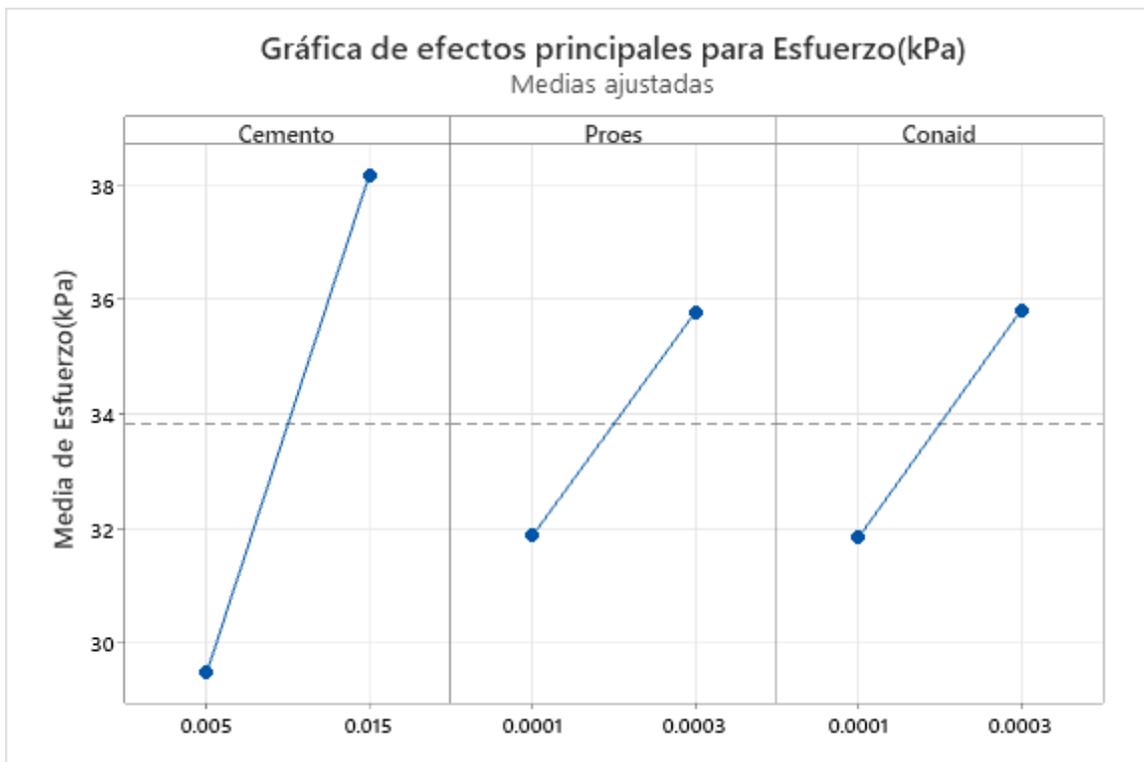
Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del software Minitab.

Figura N° 76 Pareto de efectos estandarizados de compresión no confinada



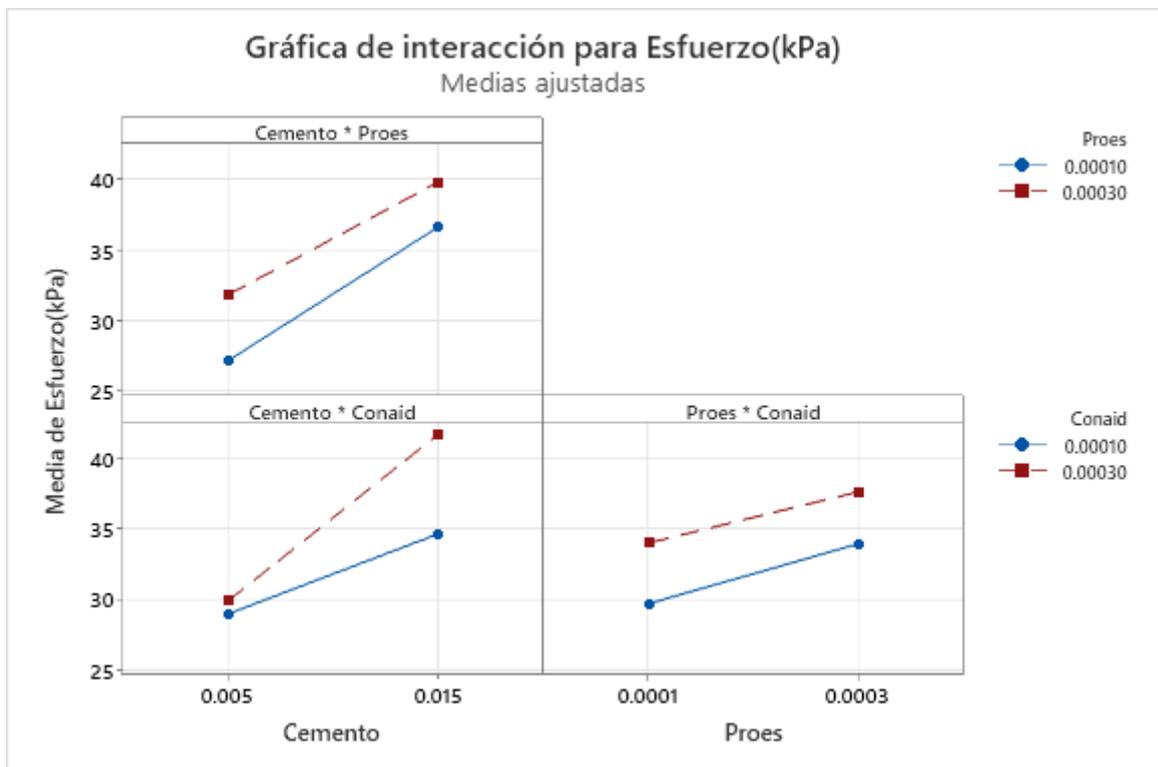
Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del software Minitab.

Figura N° 77 Efectos principales de los factores sobre compresión no confinada



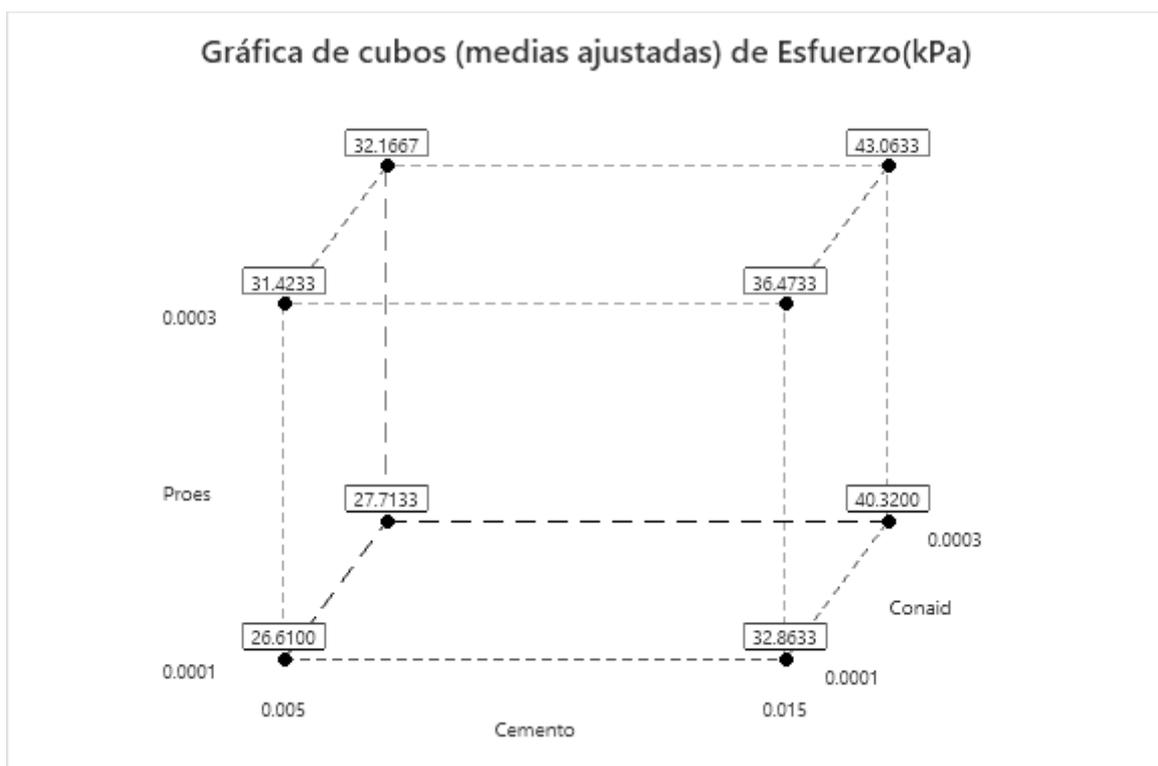
Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del software Minitab.

Figura N° 78 Interacción entre los factores para compresión no confinada



Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del software Minitab.

Figura N° 79 Cubo de medias para compresión no confinada en función de factores



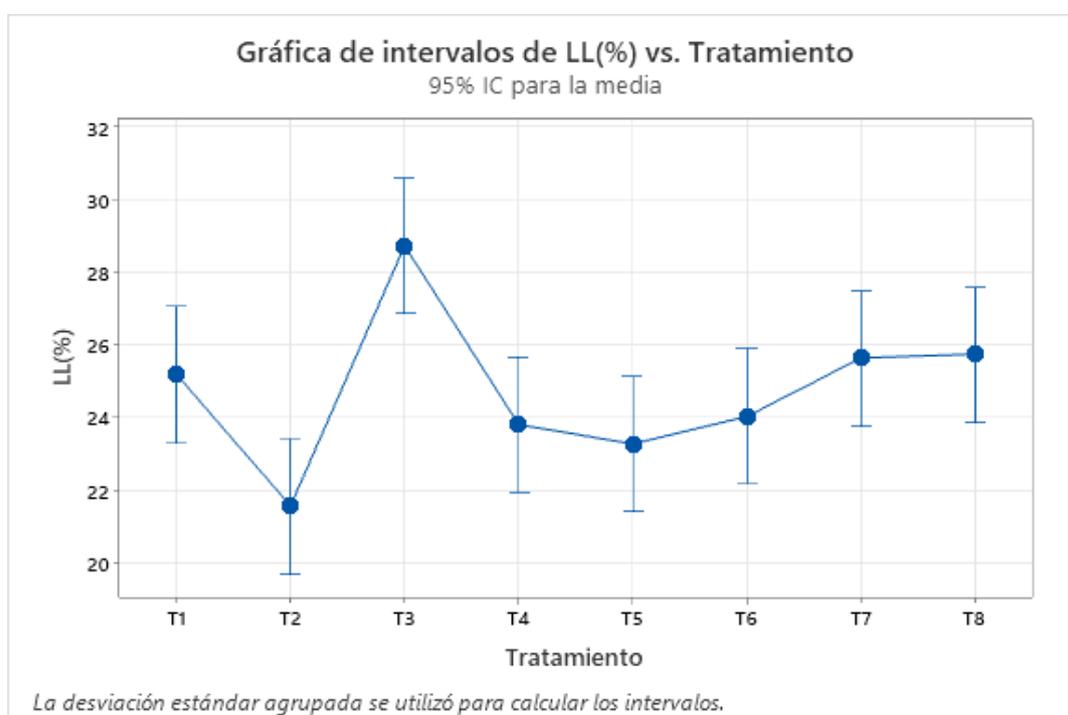
Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del software Minitab.

4.4.8 Comparación de tratamientos

4.4.8.1 Pruebas post-hoc

Las gráficas de intervalos muestran la media y el intervalo de confianza del 95% para los valores de cada ensayo obtenidos en los distintos tratamientos (T1 a T8). Estas gráficas permiten visualizar de manera clara las diferencias estadísticas entre tratamientos y la precisión de las medias estimadas.

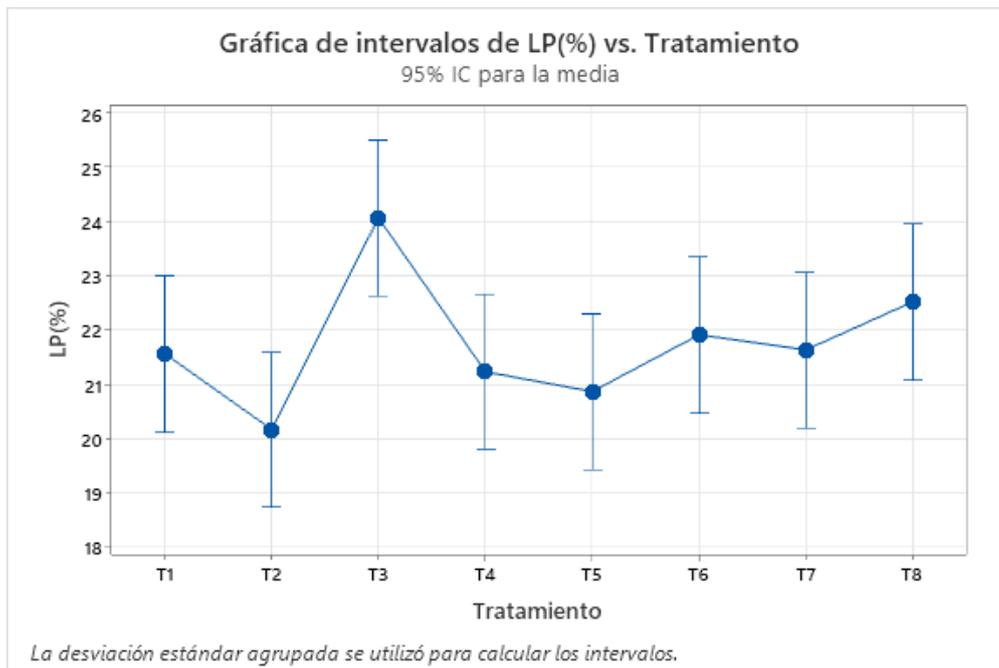
Figura N° 80 Intervalos de confianza para comparaciones múltiples del límite líquido



Fuente: Elaboración propia con datos procesados en Minitab

La gráfica anterior muestra la variación del límite líquido entre los diferentes tratamientos. Se observa que el tratamiento T3 (probablemente con mayor dosis de cemento) presenta el mayor valor de LL ($\approx 29\%$), lo que indica una mayor plasticidad. En contraste, T2 muestra el valor más bajo ($\approx 22\%$), lo cual sugiere una disminución en la plasticidad del suelo. El tratamiento con el menor LL puede indicar una mejora en la trabajabilidad y estabilidad del suelo. La variabilidad (longitud de las barras de error) también es significativa en algunos tratamientos, mostrando que hay dispersión en los datos o variabilidad en las muestras.

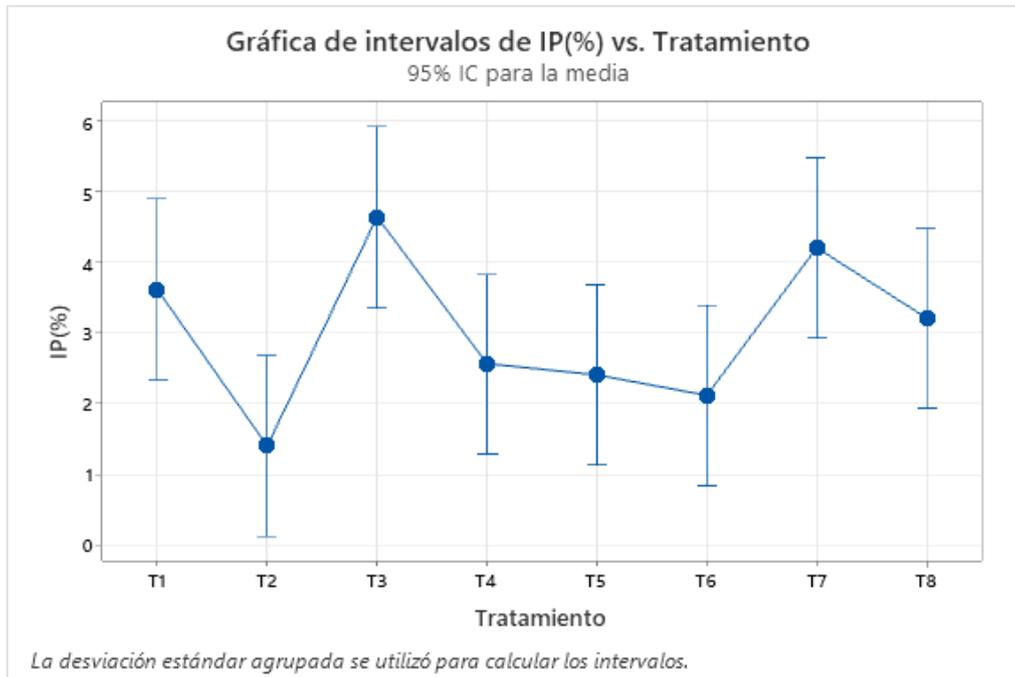
Figura N° 81 Intervalos de confianza para comparaciones múltiples del límite plástico



Fuente: Elaboración propia con datos procesados en Minitab

La gráfica anterior indica que el límite plástico también varía entre tratamientos. Al igual que en LL, el tratamiento T3 presenta el valor más alto ($\approx 24\%$), mientras que T2 tiene el valor más bajo ($\approx 20\%$). Un menor LP generalmente sugiere una mejor estabilidad y menor deformación en condiciones húmedas. La distribución del LP es más homogénea entre los tratamientos que el LL, aunque aún se observa variabilidad, especialmente en T3, lo que debe considerarse al interpretar la respuesta del suelo a los aditivos.

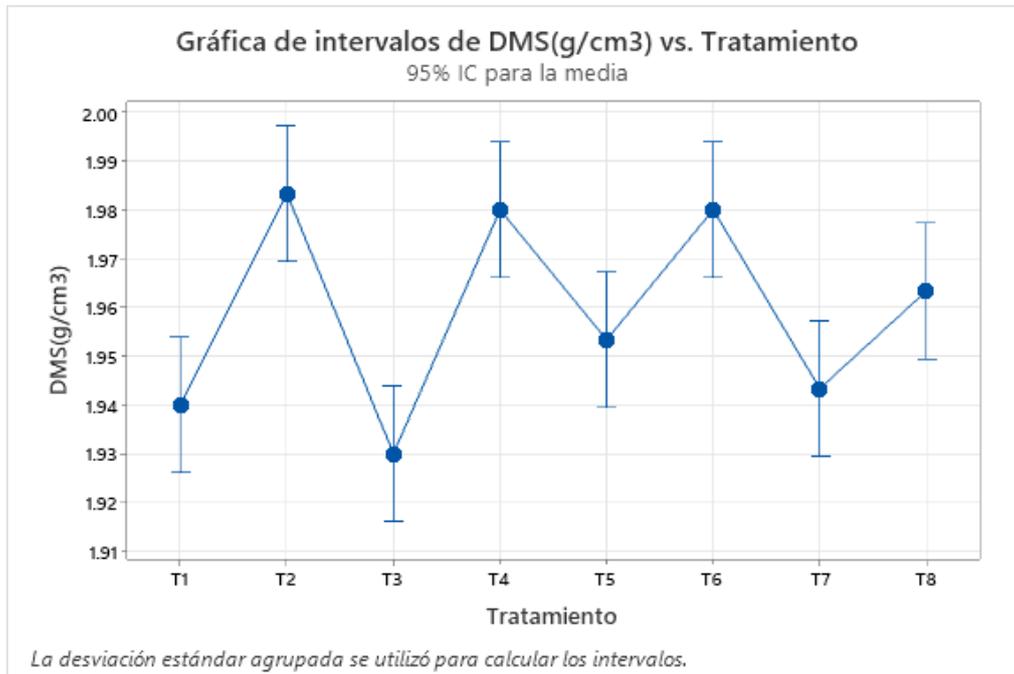
Figura N° 82 Intervalos de confianza para comparaciones múltiples del índice de plasticidad



Fuente: Elaboración propia con datos procesados en Minitab

La gráfica de intervalos del Índice de Plasticidad (IP%) muestra la variación de este parámetro según los diferentes tratamientos aplicados, junto con los intervalos de confianza del 95% para la media. Se observa que los tratamientos T2 y T6 presentan los valores más bajos de IP, con medias aproximadas entre 1.5% y 2.0%, lo que refleja una notable reducción de la plasticidad del suelo frente al valor inicial (T1). Por el contrario, el tratamiento T3 presenta el valor más elevado de IP, cercano al 4.7%, lo que indica una menor efectividad de este tratamiento en disminuir la plasticidad. Los tratamientos T4, T5 y T8 muestran valores intermedios, mientras que T7 evidencia un repunte en el IP, alcanzando cerca de 4.3%. En general, la gráfica pone en evidencia que los tratamientos con menor IP contribuyen a mejorar el comportamiento del suelo, ya que la reducción de la plasticidad favorece la estabilidad frente a la variación de humedad y a los esfuerzos inducidos por el tránsito.

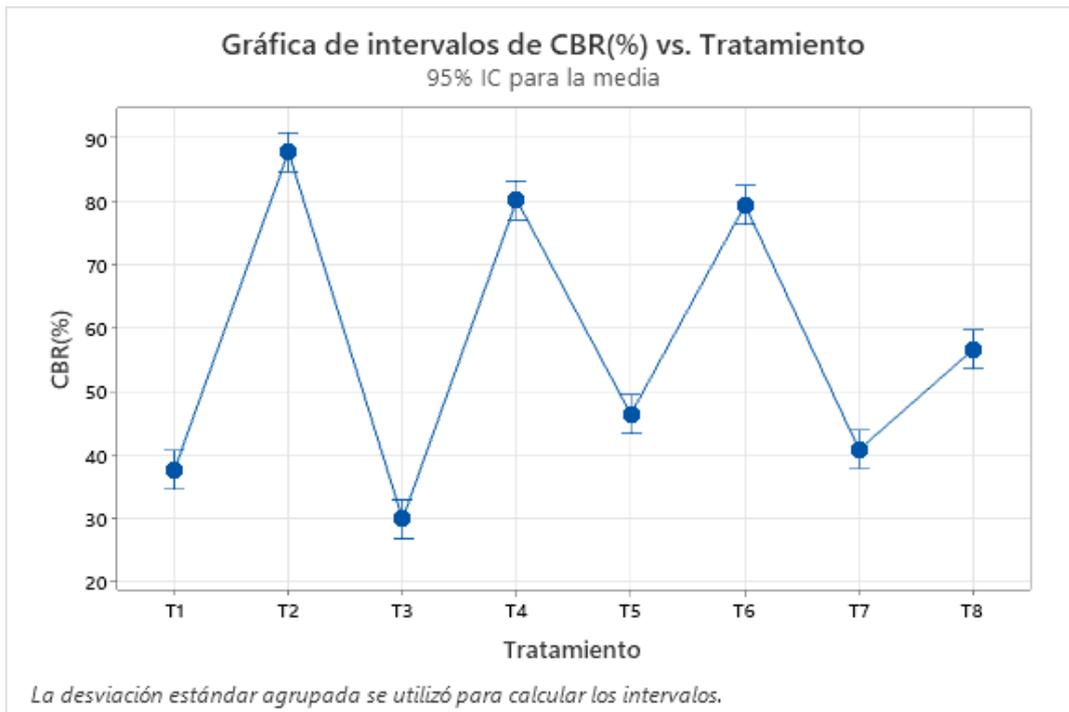
Figura N° 83 Intervalos de confianza para comparaciones múltiples de la densidad máxima seca



Fuente: Elaboración propia con datos procesados en Minitab

En la gráfica anterior, se observa que los tratamientos T2, T4 y T6 presentan las mayores DMS (≈ 1.98 y 1.99 g/cm³), lo que indica que esos tratamientos permiten una mayor compactación del suelo, lo cual es favorable para la capacidad portante. En cambio, T1 y T3 tienen los valores más bajos, alrededor de 1.93 y 1.94 g/cm³, lo que sugiere menor eficiencia en compactación. Los tratamientos con mayor DMS son preferibles desde el punto de vista de resistencia estructural. También se aprecia que los intervalos de confianza son estrechos, lo que da mayor confianza en los resultados.

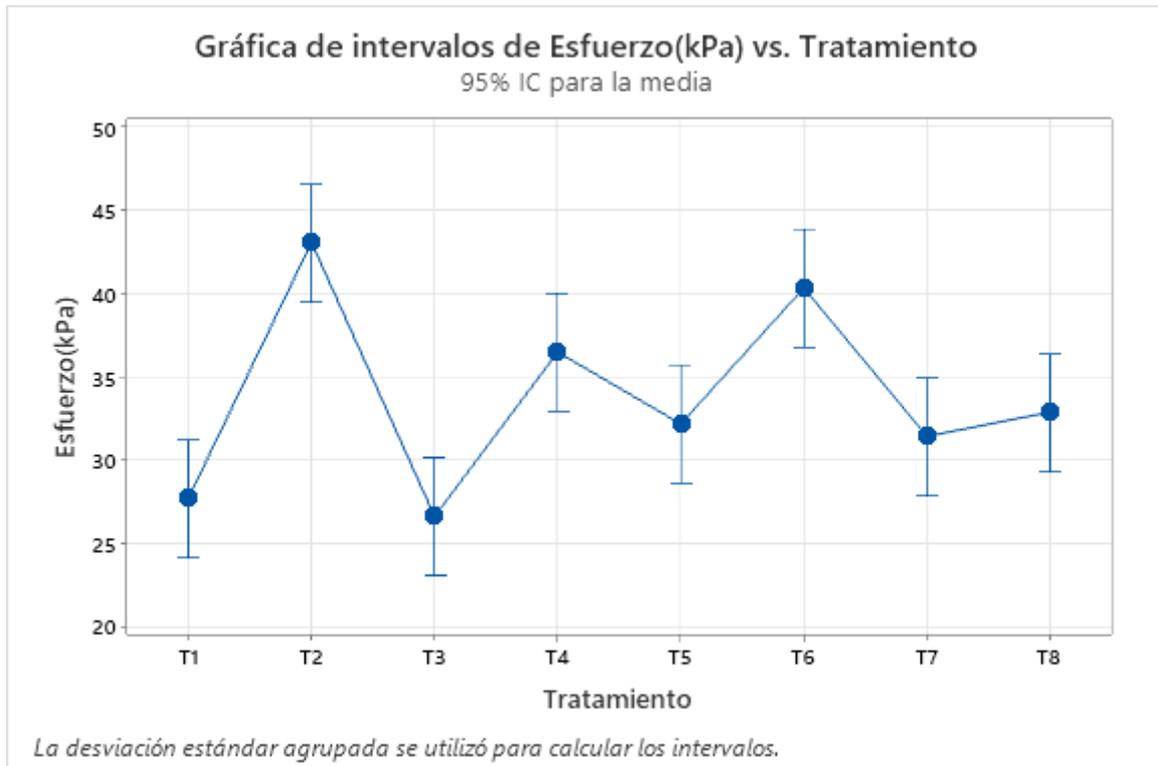
Figura N° 84 Intervalos de confianza para comparaciones múltiples del CBR



Fuente: Elaboración propia con datos procesados en Minitab

En la gráfica anterior de CBR (%) vs. Tratamiento, se observa que los tratamientos T2, T4 y T6 presentan los valores más altos de CBR, superando el 80%, mientras que T2 alcanza el valor máximo, cercano al 90%. Esto indica que estos tratamientos fueron los más efectivos en mejorar la capacidad de soporte del suelo. Los tratamientos T1, T3 y T7 muestran los valores más bajos de CBR, con medias por debajo del 45%. La amplitud de los intervalos de confianza es reducida en los tratamientos con CBR alto, lo que sugiere una menor dispersión de los datos y mayor consistencia en los resultados.

Figura N° 85 Intervalos de confianza para comparaciones múltiples de compresión no confinada



Fuente: Elaboración propia con datos procesados en Minitab

La gráfica de intervalos de esfuerzo (kPa) en función del tratamiento muestra una variación considerable entre los distintos niveles evaluados. El tratamiento T2 presenta el valor promedio de esfuerzo más alto, alcanzando aproximadamente 43 kPa, lo que sugiere una mejor respuesta mecánica en comparación con los demás tratamientos. En contraste, el tratamiento T3 exhibe el valor más bajo, con un esfuerzo cercano a 27 kPa, evidenciando un comportamiento menos resistente. Los tratamientos T4 y T6 también muestran valores relativamente elevados, mientras que los tratamientos T1, T5, T7 y T8 presentan esfuerzos intermedios dentro del rango general. Las barras de error, correspondientes al intervalo de confianza del 95 %, indican un grado moderado de dispersión, lo que refleja cierta variabilidad en los resultados, aunque sin traslapes significativos entre algunos tratamientos. En conjunto, la tendencia observada sugiere que las condiciones aplicadas en T2 favorecen el desarrollo de mayores esfuerzos, consolidándose como el tratamiento más efectivo dentro del conjunto analizado.

CONCLUSIONES

Respecto al Objetivo general:

Los resultados obtenidos demuestran que los aditivos estabilizantes utilizados, Proes, Conaid y cemento IP, tienen un impacto notable en las características físicas y mecánicas del suelo arcilloso de baja plasticidad, clasificado como A-4. Se evidencia una mejora considerable en el índice de plasticidad, la densidad seca máxima, el valor CBR y la resistencia a la compresión simple, especialmente cuando se emplean combinaciones de estos aditivos.

Respecto al Objetivo Especifico 1:

En el análisis por aditivo los ensayos demuestran que todos logran reducir el índice de plasticidad respecto al valor original del suelo natural ($IP = 6.57\%$). Proes al 0.03% reduce el IP hasta 1.88% , Conaid al 0.03% lo reduce a 2.33% , y el cemento IP al 1.5% reduce hasta 4.92% . Estos resultados validan la hipótesis H.E.01, ya que superan las reducciones planteadas para cada aditivo.

En el análisis de varianza el modelo global es estadísticamente significativo con un valor p de 0.022 , lo que indica que al menos una de las variables tiene un efecto real sobre el índice de plasticidad. Los tratamientos T2(0.03% Proes+ 0.03% Conaid+ 1.5% Cemento) y T6 (0.01% Proes+ 0.03% Conaid+ 1.5% Cemento) logran valores del índice de plasticidad cercanos a 1.5% – 2.0% , superando incluso los mejores resultados individuales. Esto refuerza la hipótesis y demuestra que no solo se cumple, sino que, mediante combinaciones adecuadas, es posible obtener mejores niveles de plasticidad que optimizan el comportamiento mecánico del suelo ante la humedad y deformaciones.

Respecto al Objetivo Especifico 2:

En el análisis por aditivo se demuestra un incremento de la densidad máxima seca respecto al valor del suelo natural (1.90 g/cm^3). Proes y Conaid al 0.03% alcanzan valores de 1.97 g/cm^3 , y el cemento al 1.5% obtiene 1.95 g/cm^3 . Las variaciones observadas representan incrementos entre 1.6% y 3.7% , lo que valida parcialmente la hipótesis H.E.02, especialmente para Proes, que muestra el mayor efecto.

En el análisis de varianza, el modelo global indica que los tres factores principales (Cemento, Proes y Conaid) presentan efectos significativos por separado ($p < 0.05$), no se evidencian efectos de interacción significativos entre ellos ($p > 0.48$). Los tratamientos combinados, T2(0.03% Proes+ 0.03% Conaid+ 1.5% Cemento), T4(0.03% Proes+ 0.01%

Conaid+1.5% Cemento) y T6(0.01% Proes+0.03% Conaid+1.5% Cemento) logran los mayores valores de densidad, entre 1.98 y 1.99 g/cm³, superando al suelo natural y a varios tratamientos individuales. La diferencia entre T2 y suelo natural fue superior al 4%, lo que confirma la existencia de mejoras significativas en compactibilidad. Se valida la hipótesis con mejores resultados que los inicialmente estimados.

Respecto al Objetivo Especifico 3:

El CBR del suelo natural (12.02%) mejora significativamente con el uso de aditivos. Proes al 0.03% alcanza un valor de 67.18%, Conaid al 0.03% llega a 57.21%, y el cemento IP al 1.5% logra un 32.80%, superando las expectativas de la hipótesis H.E.03. Estos datos confirman plenamente la hipótesis.

En el análisis de varianza, el modelo global no presenta efectos significativos, pero dentro del análisis individual de efectos, destaca la variable Conaid, que si bien no fue estadísticamente significativa ($p = 0.067$), se aproxima al umbral habitual de significancia (0.05). Los tratamientos T2(0.03%Proes+0.03%Conaid+1.5%Cemento), T4(0.03%Proes+0.01% Conaid+1.5%Cemento) y T6(0.01%Proes+0.03%Conaid+1.5%Cemento) muestran incrementos aún mayores, con valores de CBR superiores al 80%, y T2 alcanza cerca del 90%. Estos resultados son mayores que los obtenidos con aditivos individuales, lo que confirma que las combinaciones generan una mejora sobresaliente en la capacidad de soporte del suelo. Se valida y refuerza la hipótesis planteada.

RECOMENDACIONES

Se recomienda evaluar el comportamiento del suelo de la carretera Agua Buena-Huillcarpay con otros aditivos alternativos a las tradicionales, con el propósito de establecer comparaciones de desempeño en cuanto a propiedades físicas y mecánicas. Esta línea de investigación contribuiría a determinar qué aditivos ofrecen mejores resultados según las condiciones del suelo y el tipo de aplicación.

Se recomienda realizar investigaciones futuras utilizando al menos tres niveles de dosificación por aditivo estabilizante (bajo, medio y alto), con el fin de mejorar la precisión de los modelos de regresión continua. Esto permitiría identificar posibles comportamientos no lineales y ajustar modelos cuadráticos o de mayor grado, lo que contribuiría a una caracterización más robusta y representativa del comportamiento del suelo tratado.

Se recomienda que, en futuras investigaciones, al trabajar con dosificaciones elevadas de aditivos estabilizantes que incrementan significativamente la resistencia del suelo, se consideren equipos alternativos al ensayo CBR tradicional. Esto se debe a que, en algunos casos, las muestras tratadas superan la capacidad de carga del equipo, lo que puede limitar la precisión o impedir la obtención de resultados válidos. Equipos más robustos o métodos como el ensayo triaxial o compresión no confinada podrían ser opciones más adecuadas para caracterizar correctamente la resistencia del suelo estabilizado.

Se recomienda realizar investigaciones complementarias que evalúen el comportamiento de los suelos estabilizados con estos aditivos bajo diferentes condiciones climáticas. Esto permitiría analizar cómo influyen factores como la temperatura, la humedad y la exposición prolongada en el desempeño mecánico del suelo, y contribuiría a establecer criterios de diseño más robustos y adaptables a diversas zonas geográficas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bowles, J. (1981). *MANUAL DE LABORATORIO DE SUELOS EN INGENIERIA CIVIL*. MCGRAW-HILL.
- Condor, E., & Huamancayo, P. (2024). *Comparación económica del resultado y el mantenimiento entre los estabilizadores proes y consolid para el sistema de mejoramiento de suelos blandos para las carreteras no pavimentadas en la selva peruana* [TESIS]. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC).
- Crespo Villalaz, C. (1980). *MECANICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES* (Quinta Edicion). LIMUSA.
- Das, B. H. (2013). *Fundamentos de ingeniería geotécnica* (4th ed). Cengage Learning.
- Echarri, L. (2022). *Influencia del aditivo Proes en la estabilización del material de cantera como afirmado del camino vecinal Chitapampa-KallarayanPatabamba, Cusco—2022* [Tesis]. Universidad César Vallejo.
- Guevara, J. J., Villalobos, J., & Choque, L. (2023). Estudio comparativo de los aditivos químicos Consolid 444 y Con-Aid para el mejoramiento de la subrasante en suelos arcillosos. *Gaceta Técnica*, 24(2), 92-104. <https://doi.org/10.51372/gacetatecnica242.7>
- Mecánica de suelos Universidad de Lima (UL). (s. f.). *Estabilizacion de suelos*.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). *MANUAL DE CARRETERAS, SUELOS, GEOLOGIA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS*. Biblioteca Nacional del Perú. https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/mtc%20normas/arch_pdf/man_7%20sggp-2014.pdf
- Ministerio de transportes y comunicaciones. (2016). *Manual de ensayo de Materiales*.
- MOLOISANE, J., & VISSER, A. (2014, abril). Evaluation of the strength behaviour of unpaved road material treated with electrochemical-based non-traditional soil stabilisation additives. *Journal of the South african inStitution of civil engineering*, 856.

- Pizarro, J., & Huallpa, H. (2020). *MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE (CBR) DEL TERRENO DE FUNDACION CON LA APLICACIÓN DE PEGAMENTO SINTETICO EN BASE A POLIACETATO DE VINILO EN EL DISTRITO DE SAN SEBASTIAN-PROVINCIA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO 2018* [Tesis]. UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO.
- Proestech,. (s. f.). *FUNDAMENTOS TECNICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON TECNOLOGÍA PROES.*
- Sanchez, Y. (2016). *CONSERVACIÓN VIAL Y DETERIORO DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS EN LA OFICINA ZONAL XI ICA, PROVIAS AÑO 2016.* UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS.
- TECNOCOVER. (s. f.). *FICHA TECNICA CON-AID.*
- Tecnología PROES.* (s. f.).
- Tinajeros, Y., & Sanchez, C. (2022). *Estabilización de subrasantes con cemento y aditivo Conaid en caminos vecinales, carretera Sicuani—Trapiche, Canchis, Cusco 2022* [Tesis]. Universidad Continental.
- Vanegas, D. (2020). *EVALUACIÓN AMBIENTAL DEL EFECTO DEL USO DE ADITIVOS QUÍMICOS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS VIALES* [TESIS]. Universidad de Antioquia.
- Vidal, L. (2023). *EFECTO DE LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTES CON ACTIVOS DE ACEITES SULFONADOS, EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE BASES GRANULARES, HUANCAYO 2022* [Tesis profesional]. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ.
- Zheng, D. M. (2013). *Mechanical Characteristics of Soils Treated with a Liquid Stabilizer.* University of Alberta.

Castillo, P. E. (2018). *Influencia de la aplicación de aditivos químicos en la estabilización de suelos cohesivos para uso como subrasante mejorada de pavimentos entre los sectores Cajamarca- Huaso, La Libertad, 2018. Trujillo- Perú: Universidad Privada del Norte.*

TDM. (2011). *Estabilizador de Suelo- "Estabilización de Suelo con CON-AID"*. TDM- Tecnología de Materiales.

ANEXOS

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO DE TESIS: Influencia de los aditivos estabilizadores en el índice California bearing ratio de suelos arcillosos de baja plasticidad en la subrasante de las vías no pavimentadas, Cusco – 2024

AUTOR: - Bachiller: Bustincia Heiner Hilarion
- Bachiller: Cutipa Quispe, Hernan

ASESOR: Mg. Ing. Jose Carlos Solis Tito

NIVEL	PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA	INSTRUMENTOS
General	P.G. ¿Cuál es la influencia individual y la interacción de los aditivos estabilizadores en el índice California Bearing Ratio de suelos arcillosos de baja plasticidad de la subrasante de las vías no pavimentadas, Cusco - 2024?	O.G. Determinar la influencia individual y la interacción de los aditivos estabilizadores en el índice California Bearing Ratio de suelos arcillosos de baja plasticidad de la subrasante de las vías no pavimentadas, Cusco - 2024.	H.G.1. (alternativa): Los aditivos estabilizadores, aplicados de manera individual y en interacción, influyen significativamente en el índice California Bearing Ratio de los suelos arcillosos de baja plasticidad que conforman la subrasante de las vías no pavimentadas del distrito de San Sebastián, Cusco – 2024. H.G.1 ₀ . (nula): Los aditivos estabilizadores, aplicados de manera individual y en interacción, no influyen significativamente en el índice California Bearing Ratio de suelo arcilloso de baja plasticidad de la subrasante de vías no pavimentadas en San Sebastián, Cusco – 2024.			
Específico 1	P.E.01 ¿Cuál es la influencia de los aditivos Proes, Con-Aid y cemento IP, así como su interacción, en el índice de plasticidad de suelos arcillosos de baja plasticidad de la subrasante de las vías no pavimentadas, Cusco-2024?	O.E.01 Determinar la influencia de los aditivos Proes, Con-Aid y cemento IP, así como su interacción, en el índice de plasticidad de suelos arcillosos de baja plasticidad de la subrasante de las vías no pavimentadas, San Sebastián, Cusco-2024.	H.E.01. (alternativa): Los aditivos Proes, Con-Aid y cemento IP, así como su interacción, influyen significativamente en el índice de plasticidad del suelo arcilloso de baja plasticidad. H.E.01 ₀ . (nula): Los aditivos Proes, Con-Aid y cemento IP, así como su interacción, no influyen significativamente en el índice de plasticidad del suelo.	Variable Dependiente (Y) Y1: Índice de plasticidad Y2: Densidad maxima seca Y3: California Bearing Ratio (CBR) Variable Independiente (X) X1: Aditivos A1 (PROES) X2: Aditivos A2 (CONAID) X3: Aditivo A3 (Cemento IP)	Tipo de investigación: Aplicada Enfoque de investigación: Cuantitativo Nivel de investigación: Explicativo-Casual Diseño: Experimental Población de Estudio: Ruta Agua Buena- Huilcarpay Muestra: Calicatas en el tramo Agua Buena-Huilcarpay Selección de Muestra: No probabilístico Tamaño de Muestra: 2 ³ =8 tratamientos Nº de replicas=3 8x3=24 corridas	<ul style="list-style-type: none"> •Dispositivo Casagrande •Máquina CBR •Molde Proctor y CBR •Balanza de precisión •Tamices ASTM •Horno de secado •Fichas técnicas de calicata
Específico 2	P.E.02 ¿Cuál es la influencia de los aditivos Proes, Con-Aid y cemento IP, así como su interacción, en la densidad seca máxima de suelos arcillosos de baja plasticidad de la subrasante de las vías no pavimentadas, Cusco-2024?	O.E.02 O.E.02 Determinar la influencia de los aditivos Proes, Con-Aid y cemento IP, así como su interacción, en la densidad seca máxima de suelos arcillosos de baja plasticidad de la subrasante de las vías no pavimentadas, Cusco-2024.	H.E.02. (alternativa): Los aditivos Proes, Con-Aid y cemento IP, así como su interacción, influyen significativamente en la densidad seca máxima del suelo arcilloso de baja plasticidad. H.E.02 ₀ . (nula): Los aditivos Proes, Con-Aid y cemento IP, así como su interacción, no influyen significativamente en la densidad seca máxima del suelo.			
Específico 3	P.E.03 ¿Cuál será el valor del CBR tanto para el suelo natural como para las dosificaciones con los aditivos Proes, Con-Aid y cemento IP, así como su interacción, de suelos arcillosos de baja plasticidad de la subrasante de las vías no pavimentadas, Cusco-2024?	O.E.03 Determinar el CBR tanto para el suelo natural como para las dosificaciones con los aditivos Proes, Con-Aid y cemento IP, así como su interacción, de suelos arcillosos de baja plasticidad de la subrasante de las vías no pavimentadas, Cusco-2024.	H.E.03. Los valores del CBR del suelo arcilloso de baja plasticidad mejoran al incorporar los aditivos Proes, Con-Aid y cemento IP, así como por efecto de su interacción, en comparación con el suelo natural. H.E.03 ₀ . (nula): Los valores del CBR del suelo arcilloso de baja plasticidad no presentan mejoras significativas al incorporar los aditivos Proes, Con-Aid y cemento IP, ni por efecto de su interacción, en comparación con el suelo natural.			

Anexo B: Ensayos de caracterización del suelo de las calicatas

Resultado del ensayo de contenido de humedad-calicata 01



“INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA
BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE
DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024”



CONTENIDO DE HUMEDAD MTC E 108 y ASTM D2216

UBICACIÓN: San Sebastián, Cusco, Cusco (Perú)

PROFUNDIDAD : 1.00 m

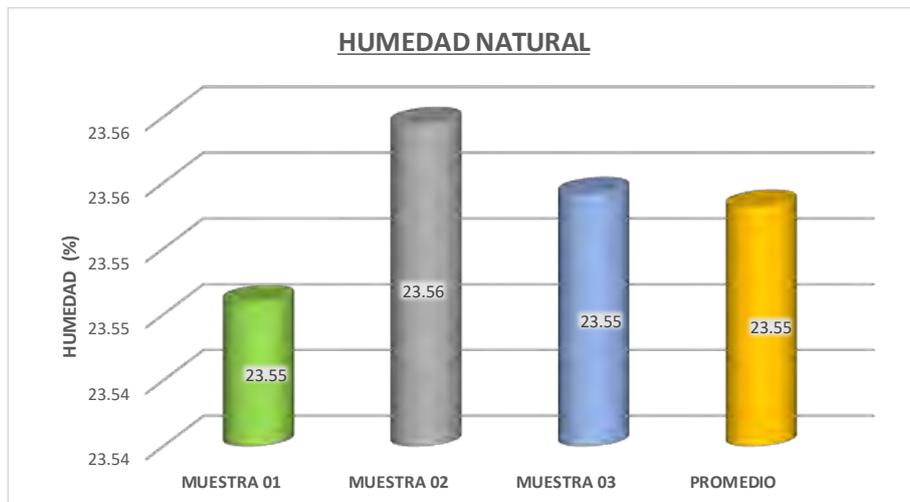
CALICATA: C-1

ESTRATO : 0.00 - 1.65 m.

DIRECCIÓN: Sector Agua Buena-Huillcarpay

DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Limo arenosa de color marrón oscura

CONTENIDO DE HUMEDAD			
DESCRIPCIÓN	MUESTRA	MUESTRA	MUESTRA
	01	02	03
Peso de Capsula(gr)	61.65	58.75	60.20
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	105.62	126.51	116.07
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	97.24	113.59	105.42
Peso del Agua (gr)	8.38	12.92	10.65
Peso de la Muestra Seca (gr)	35.59	54.84	45.22
Humedad (%)	23.55	23.56	23.55
Promedio de humedad (%) :		23.55	



Resultado del ensayo de contenido de humedad-calicata 02



“INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA
BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE
DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024”



CONTENIDO DE HUMEDAD

MTC E 108 y ASTM D2216

UBICACIÓN: San Sebastián, Cusco, Cusco (Perú)

PROFUNDIDAD : 1.25 m

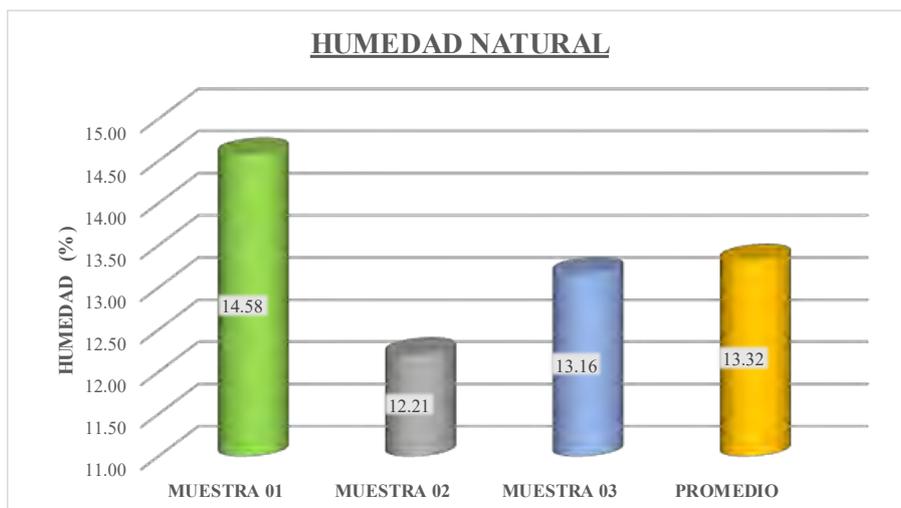
CALICATA: C- 2

ESTRATO : 0.00 - 2.00 m.

DIRECCIÓN: Sector Agua Buena-Huillcarpay

DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Limo arenosa de color marrón oscura

CONTENIDO DE HUMEDAD			
DESCRIPCION	MUESTRA	MUESTRA	MUESTRA
	01	02	03
Peso de Capsula(gr) :	58.4	57.63	58.02
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr) :	105.72	126.2	115.96
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr) :	99.7	118.74	109.22
Peso del Agua (gr) :	6.02	7.46	6.74
Peso de la Muestra Seca (gr) :	41.3	61.11	51.205
Humedad (%) :	14.58	12.21	13.16
Promedio de humedad (%) :	13.32		



Resultado del ensayo de contenido de humedad-calicata 03



“INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA
BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE
DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024”



CONTENIDO DE HUMEDAD

MTC E 108 y ASTM D2216

UBICACIÓN: San Sebastián, Cusco, Cusco (Perú)

PROFUNDIDAD : 0.90 m

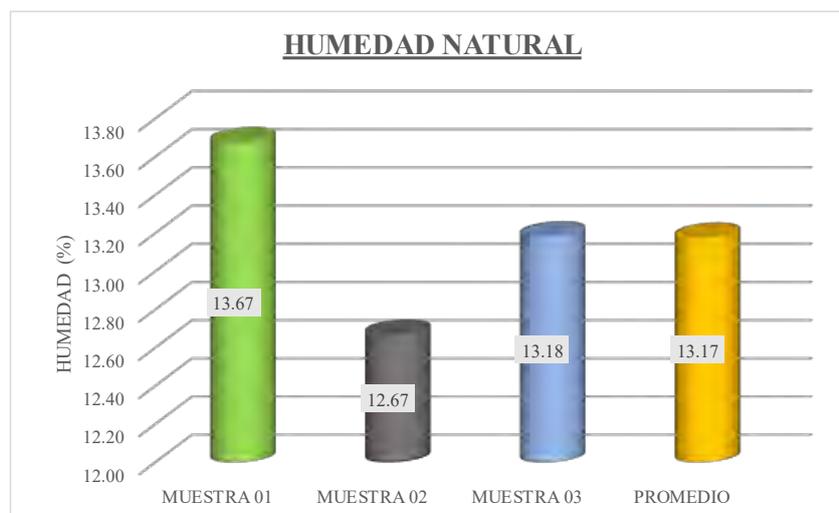
CALICATA: C- 3

ESTRATO : 0.00 - 1.75 m.

DIRECCIÓN: Sector Agua Buena-Huillcarpay

DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Arcilla limo arenosa de color marrón oscura

CONTENIDO DE HUMEDAD			
DESCRIPCIÓN	MUESTRA	MUESTRA	MUESTRA
	01	02	03
Peso de Capsula(gr) :	57.69	57.63	57.66
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr) :	112.64	109.93	111.29
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr) :	106.03	104.05	105.04
Peso del Agua (gr) :	6.61	5.88	6.25
Peso de la Muestra Seca (gr) :	48.34	46.42	47.38
Humedad (%) :	13.67	12.67	13.18
Promedio de humedad (%) :	13.17		



Resultado del ensayo de granulometría por tamizado - calicata 01



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

MTC E 107, ASTM D422 y AASHTO T88

UBICACIÓN: San Sebastián, Cusco, Cusco (Perú)

PROFUNDIDAD : 1.00 m

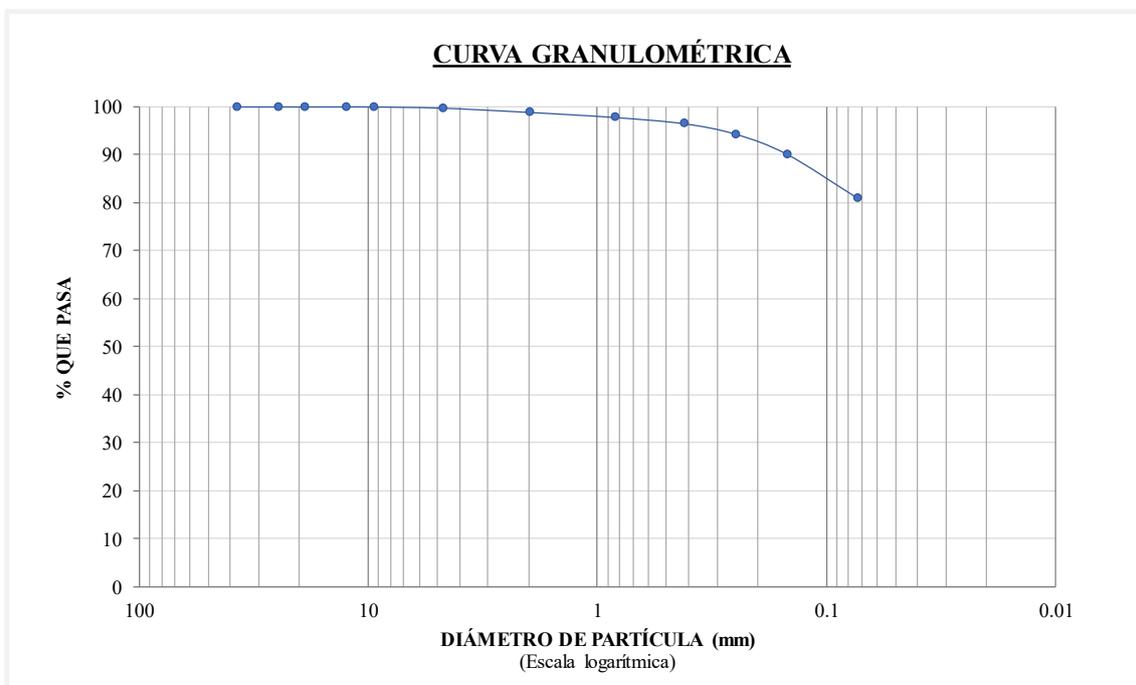
CALICATA: C- 1

ESTRATO : 0.00 - 1.65 m.

DIRECCIÓN: Sector Agua Buena-Huillcarpay

DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Limo arenosa de color marrón oscura

ANTES DEL LAVADO			DESPUÉS DEL LAVADO					
P. muestra seca + recipiente: 1633.19 gr			P. muestra seca + recipiente: 475.37 gr					
Peso de recipiente: 198.54 gr			Peso de recipiente: 198.54 gr					
Peso de muestra seca: 1434.65 gr			Peso de muestra seca: 276.83 gr					
			% de error en peso: 0.36% OK					
TAMICES	ABERTURA mm	PESO RETENIDO (gr)	PESO QUE PASA(gr)	% RETENID O	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA		
11/2"	37.5	0	276.83	0.00	0.00	100.00	GRAVA:	0.25%
1"	25	0	276.83	0.00	0.00	100.00		
3/4"	19	0	276.83	0.00	0.00	100.00		
1/2"	12.5	0	276.83	0.00	0.00	100.00		
3/8"	9.525	0	276.83	0.00	0.00	100.00		
No4	4.760	3.58	273.25	0.25	0.25	99.75		
No10	2.000	12.75	260.50	0.89	1.14	98.86		
No20	0.840	15.56	244.94	1.08	2.22	97.78		
No40	0.420	18.72	226.22	1.30	3.53	96.47		
No60	0.250	31.64	194.58	2.21	5.73	94.27		
No100	0.149	60.88	133.70	4.24	9.98	90.02	ARENA:	18.85%
No200	0.074	130.84	2.86	9.12	19.10	80.90	FINO:	80.90%
Cazuela		2.85	-	0.20	19.30	-		
Lavado		1157.82	-	80.70	100.00	-		
		276.82	100.00					



Resultado del ensayo de granulometría por tamizado - calicata 02



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



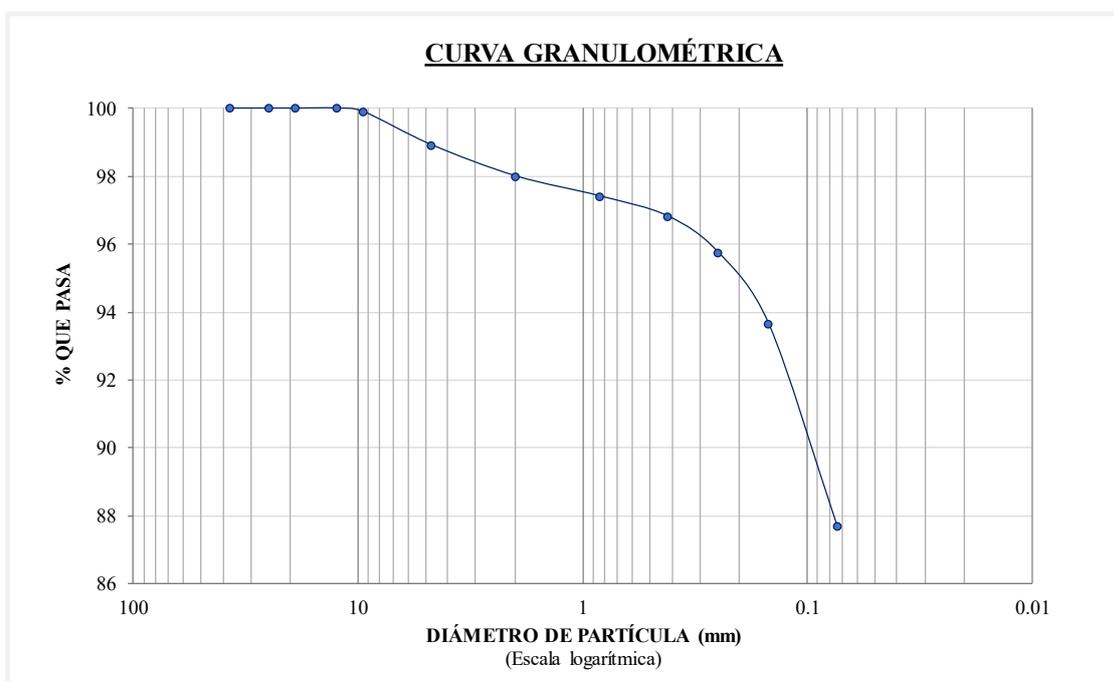
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

MTC E 107, ASTM D422 y AASHTO T88

UBICACIÓN: San Sebastián, Cusco, Cusco (Perú)	PROFUNDIDAD : 1.25 m
CALICATA: C- 2	ESTRATO : 0.00 - 2.00 m.
DIRECCIÓN: Sector Agua Buena-Huillcarpay	
DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Limo arenosa de color marrón oscura	

ANTES DEL LAVADO	DESPUÉS DEL LAVADO
P. muestra seca + recipiente: 2154.39 gr	P. muestra seca + recipiente: 441.43 gr
Peso de recipiente: 198.54 gr	Peso de recipiente: 198.54 gr
Peso de muestra seca: 1955.85 gr	Peso de muestra seca: 242.89 gr
	% de error en peso: 0.41% OK

TAMICES	ABERTUR A	mm	PESO RETENIDO (gr)	PESO QUE PASA (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	
11/2"	37.5		0	242.89	0.00	0.00	100.00	GRAVA: 1.07%
1"	25		0	242.89	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19		0	242.89	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.5		0	242.89	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.525		1.98	240.91	0.10	0.10	99.90	
No4	4.760		18.97	221.94	0.97	1.07	98.93	
No10	2.000		18.02	203.92	0.92	1.99	98.01	
No20	0.840		11.57	192.35	0.59	2.58	97.42	
No40	0.420		11.52	180.83	0.59	3.17	96.83	
No60	0.250		20.98	159.85	1.07	4.25	95.75	
No100	0.149		41.32	118.53	2.11	6.36	93.64	ARENA: 11.23%
No200	0.074		116.19	2.34	5.94	12.30	87.70	FINO: 87.70%
Cazuela			2.33	-	0.12	12.42	-	
Lavado			1712.96	-	87.58	100.00	-	
			242.88		100.00			



Resultado del ensayo de granulometría por tamizado - calicata 03



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



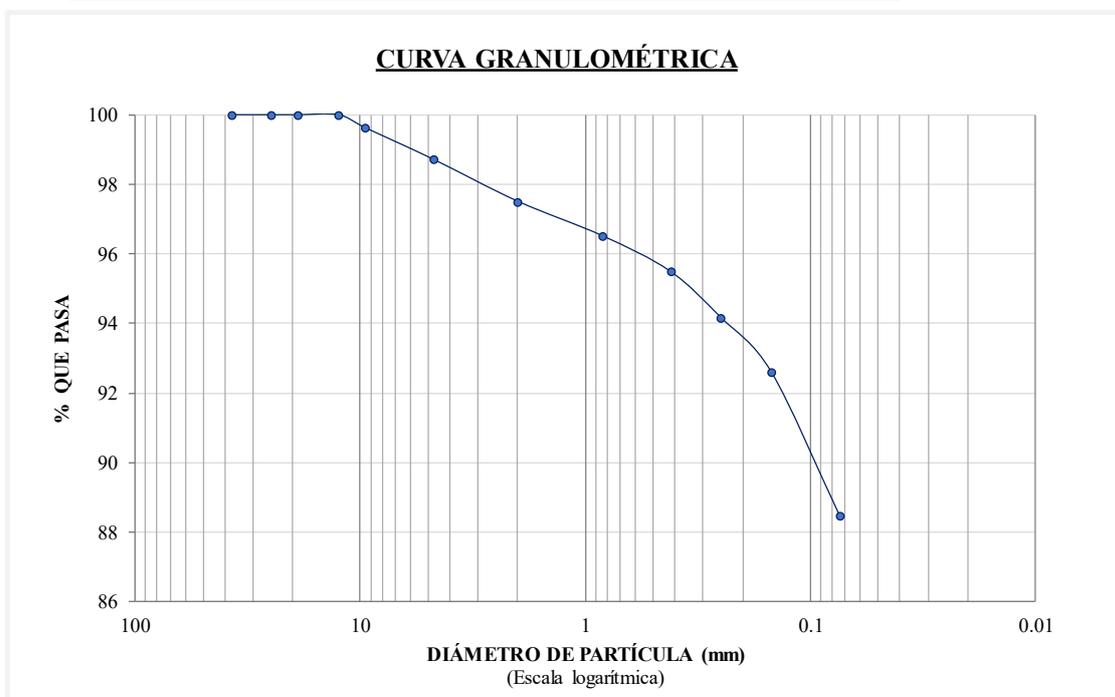
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

MTC E 107, ASTM D422 y AASHTO T88

UBICACIÓN: San Sebastián, Cusco, Cusco (Perú) **PROFUNDIDAD :** 0.90 m
CALICATA: C-3 **ESTRATO :** 0.00 - 1.75 m.
DIRECCIÓN: Sector Agua Buena-Huillarpay
DESCRIPCIÓN DEL SUELO Arcilla limo arenosa de color marrón oscura

ANTES DEL LAVADO			DESPUÉS DEL LAVADO			
P. muestra seca + recipiente: 2867.00 gr			P. muestra seca + recipiente: 629.03 gr			
Peso de recipiente: 328.15 gr			Peso de recipiente: 328.15 gr			
Peso de muestra seca: 2538.85 gr			Peso de muestra seca: 300.88 gr			
			% de error en peso: 0.66% OK			

TAMICES	ABERTURA mm	PESO RETENIDO (gr)	PESO QUE PASA(gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	
11/2"	37.5	0	300.88	0.00	0.00	100.00	GRAVA: 1.28%
1"	25	0	300.88	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19	0.00	300.88	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.5	0.00	300.88	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.525	9.46	291.42	0.37	0.37	99.63	
No4	4.760	22.94	268.48	0.90	1.28	98.72	
No10	2.000	30.76	237.72	1.21	2.49	97.51	
No20	0.840	25.20	212.52	0.99	3.48	96.52	
No40	0.420	25.85	186.67	1.02	4.50	95.50	
No60	0.250	33.75	152.92	1.33	5.83	94.17	
No100	0.149	39.89	113.03	1.57	7.40	92.60	ARENA: 10.26%
No200	0.074	104.95	8.08	4.13	11.53	88.47	FINO: 88.47%
Cazuela		8.06	-	0.32	11.85	-	
Lavado		2237.97	-	88.15	100.00	-	
		300.86		100.00			



Resultado del ensayo de granulometría por tamizado - calicata 04



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

MTC E 107, ASTM D422 y AASHTO T88

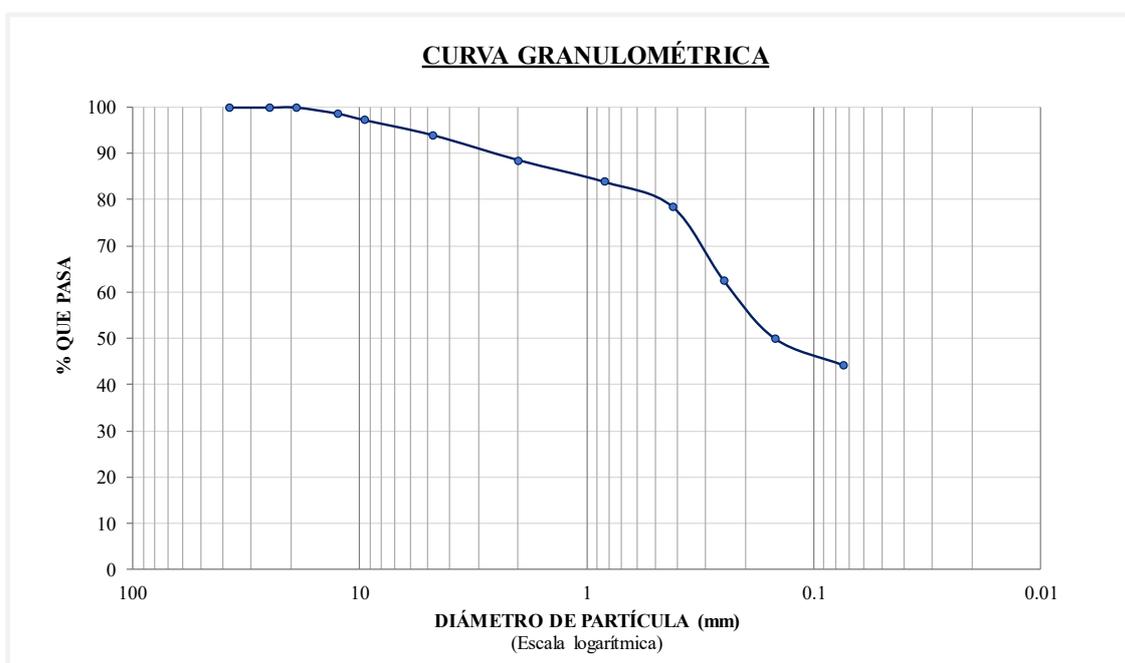
UBICACIÓN: San Sebastián, Cusco, Cusco (Perú) **PROFUNDIDAD :** 0.95 m
CALICATA: C- 4 **ESTRATO :** 0.00 - 1.80 m.
DIRECCIÓN: Sector Agua Buena-Huillcarpay
DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Arena limo arcillosa de color marrón claro

ANTES DEL LAVADO				DESPUÉS DEL LAVADO		
P. muestra seca + recipiente: 1803.98 gr				P. muestra seca + recipiente: 1234.14 gr		
Peso de recipiente: 493.03 gr				Peso de recipiente: 493.03 gr		
Peso de muestra seca: 1310.95 gr				Peso de muestra seca: 741.11 gr		
				% de error en peso: 0.54% OK		

TAMICES	ABERTURA mm	PESO RETENIDO (gr)	PESO QUE PASA(gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
11/2"	37.5	0	741.11	0.00	0.00	100.00
1"	25	0	741.11	0.00	0.00	100.00
3/4"	19	0.00	741.11	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.5	17.50	723.61	1.33	1.33	98.66
3/8"	9.525	18.16	705.45	1.39	2.72	97.28
No4	4.760	42.77	662.68	3.26	5.98	94.01
No10	2.000	70.71	591.97	5.39	11.38	88.62
No20	0.840	61.34	530.63	4.68	16.06	83.94
No40	0.420	70.79	459.84	5.40	21.46	78.54
No60	0.250	208.79	251.05	15.93	37.38	62.61
No100	0.149	164.56	86.49	12.55	49.93	50.06
No200	0.074	76.37	10.12	5.83	55.76	44.24
Cazuela		10.08	-	0.77	56.53	-
Lavado		569.84	-	43.47	100.00	-
		741.07	100.00			

GRAVA: 5.98%

ARENA: 49.78%
FINO: 44.24%



Resultado del ensayo de granulometría por tamizado - calicata 05



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

MTC E 107, ASTM D422 y AASHTO T88

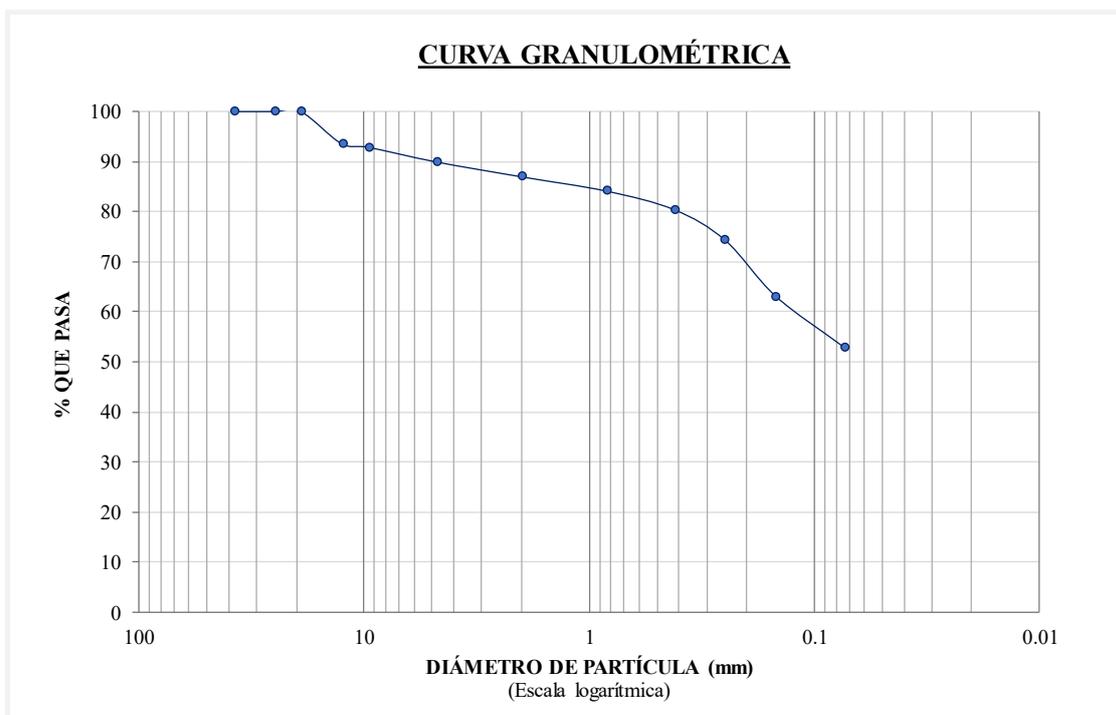
UBICACIÓN: San Sebastián, Cusco, Cusco (Perú) **PROFUNDIDAD :** 1.20 m
CALICATA: C- 5 **ESTRATO :** 0.00 - 1.65 m.
DIRECCIÓN: Sector Agua Buena-Huillcarpay
DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Arcilla limo arenosa de color marrón oscura

<u>ANTES DEL LAVADO</u>				<u>DESPUÉS DEL LAVADO</u>		
P. muestra seca + recipiente: 934.13 gr				P. muestra seca + recipiente: 633.10 gr		
Peso de recipiente: 343.21 gr				Peso de recipiente: 343.21 gr		
Peso de muestra seca: 590.92 gr				Peso de muestra seca: 289.89 gr		
				% de error en peso: 0.10%		
TAMICES	ABERTURA mm	PESO RETENID O (gr)	PESO QUE PASA (gr)	% RETENID O	% RETENIDO ACUMULAD O	% QUE PASA
1 1/2"	37.5	0	289.89	0.00	0.00	100.00
1"	25	0	289.89	0.00	0.00	100.00
3/4"	19	0.00	289.89	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.5	38.24	251.65	6.47	6.47	93.53
3/8"	9.525	4.02	247.63	0.68	7.15	92.85
No4	4.760	17.30	230.33	2.93	10.08	89.92
No10	2.000	17.54	212.79	2.97	13.05	86.95
No20	0.840	16.87	195.92	2.85	15.90	84.10
No40	0.420	22.05	173.87	3.73	19.63	80.37
No60	0.250	36.05	137.82	6.10	25.73	74.27
No100	0.149	66.29	71.53	11.22	36.95	63.05
No200	0.074	60.43	11.10	10.23	47.18	52.82
Cazuela		11.10	-	1.88	49.06	-
Lavado		301.03	-	50.94	100.00	-
		289.89			100.00	

GRAVA: 10.08%

ARENA: 37.10%

FINO: 52.82%



Resultado del ensayo de límites de Atterberg - calicata 01



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



LÍMITE DE CONSISTENCIA

MTC E 108 y ASTM D 2216

UBICACIÓN: San Sebastián, Cusco, Cusco (Perú)

PROFUNDIDAD : 1.00 m

CALICATA: C-1

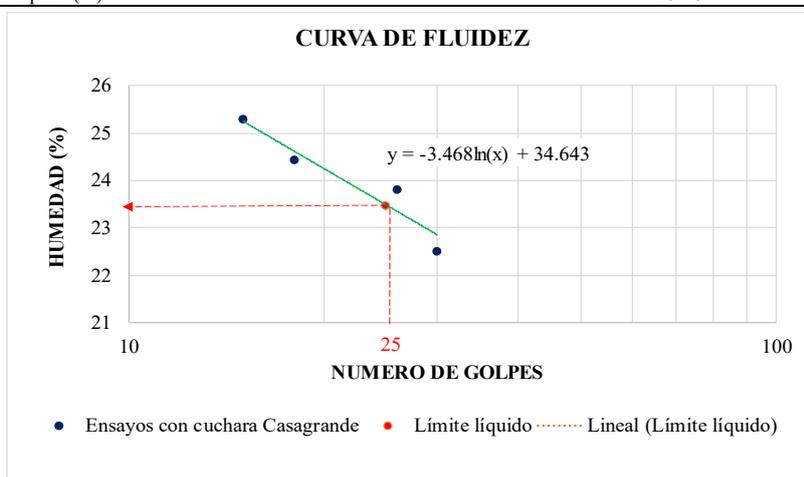
ESTRATO : 0.00 - 1.65 m

DIRECCIÓN: Sector Agua Buena-Huillarpay

DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Limo arenosa de color marrón oscura

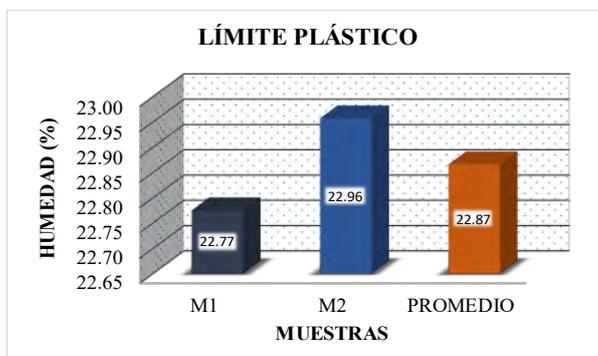
LÍMITE LÍQUIDO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS			
	M1	M2	M3	M4
N° de capsula :				
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	73.78	67.89	72.43	63.21
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	70.98	66.23	70.39	61.50
Peso de la cápsula (g):	58.55	59.26	62.04	54.74
Peso de la muestra seca (g):	12.43	6.97	8.35	6.76
Peso del agua (g):	2.80	1.66	2.04	1.71
Contenido de humedad (%):	22.53	23.82	24.43	25.30
N° de golpes:	30	26	18	15
Límite líquido (%)	23.48			



LÍMITE PLÁSTICO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS	
	M1	M2
N° de capsula :		
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	26.42	24.85
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	25.55	24.26
Peso de la cápsula (g):	21.73	21.69
Peso de la muestra seca (g):	3.82	2.57
Peso del agua (g):	0.87	0.59
Contenido de humedad (%):	22.77	22.96
Límite plástico (%):	22.87	



Límite líquido = 23.48
Límite plástico = 22.87
Índice de plasticidad = 0.62

Resultado del ensayo de límites de Atterberg - calicata 02



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



LÍMITE DE CONSISTENCIA

MTC E 108 y ASTM D 2216

UBICACIÓN: San Sebastián, Cusco, Cusco (Perú)

PROFUNDIDAD : 1.25 m

CALICATA: C- 2

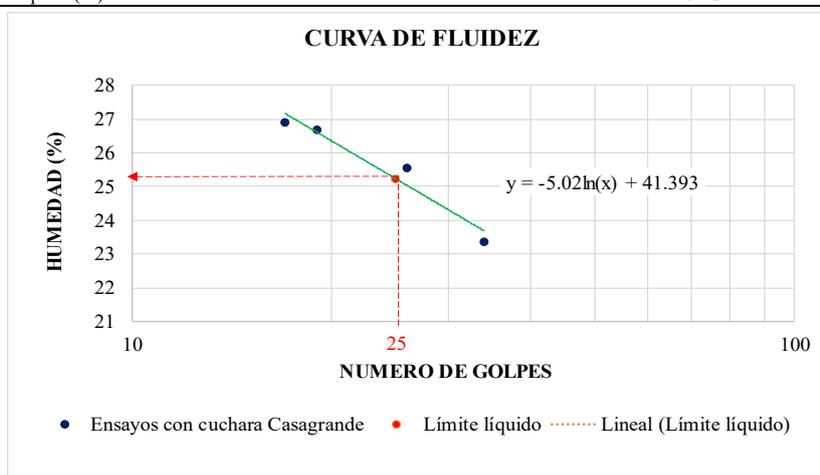
ESTRATO : 0.00 - 2.00 m

DIRECCIÓN: Sector Agua Buena-Huillcarpay

DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Limo arenosa de color marrón oscura

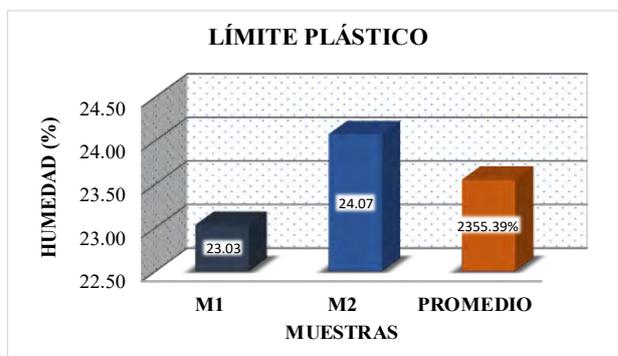
LÍMITE LÍQUIDO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS			
	M1	M2	M3	M4
Nº de capsula :				
Peso de la muestra húmeda + Peso de la capsula (g):	69.52	68.91	68.63	69.91
Peso de la muestra seca + Peso de la capsula (g):	67.95	66.80	66.16	68.03
Peso de la capsula (g):	61.23	58.54	56.91	61.04
Peso de la muestra seca (g):	6.72	8.26	9.25	6.99
Peso del agua (g):	1.57	2.11	2.47	1.88
Contenido de humedad (%):	23.36	25.54	26.70	26.90
Nº de golpes:	34	26	19	17
Límite líquido (%)	25.23			



LÍMITE PLÁSTICO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS	
	M1	M2
Nº de capsula :		
Peso de la muestra húmeda + Peso de la capsula (g):	23.89	27.05
Peso de la muestra seca + Peso de la capsula (g):	23.48	26.01
Peso de la capsula (g):	21.70	21.69
Peso de la muestra seca (g):	1.78	4.32
Peso del agua (g):	0.41	1.04
Contenido de humedad (%):	23.03	24.07
Límite plástico (%):	23.55	



Límite líquido = 25.23
 Límite plástico = 23.55
 Índice de plasticidad = 1.68

Resultado del ensayo de límites de Atterberg - calicata 03



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



LÍMITE DE CONSISTENCIA MTC E 108 y ASTM D 2216

UBICACIÓN: San Sebastián, Cusco, Cusco (Perú)

PROFUNDIDAD: 0.90 m

CALICATA: C- 3

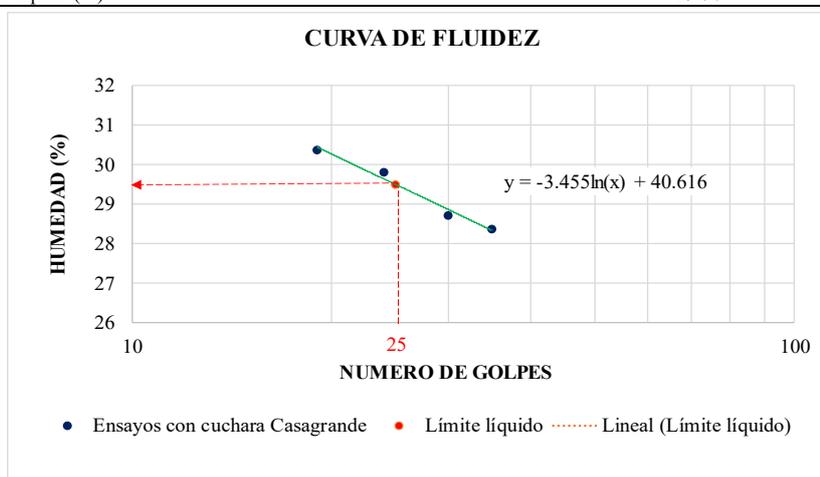
ESTRATO: : 0.00 - 1.75 m.

DIRECCIÓN: Sector Agua Buena-Huillcarpay

DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Arcilla limo arenosa de color marrón oscura

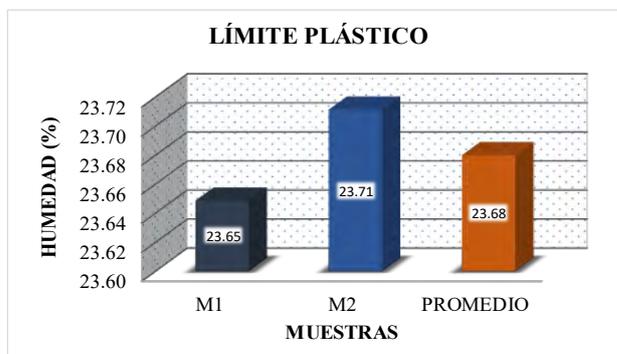
LÍMITE LÍQUIDO

<u>DESCRIPCIÓN</u>	<u>MUESTRAS</u>			
Nº de capsula :	M1	M2	M3	M4
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	70.32	62.85	65.84	68.35
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	68.49	60.94	63.49	66.20
Peso de la cápsula (g):	62.04	54.29	55.61	59.12
Peso de la muestra seca (g):	6.45	6.65	7.88	7.08
Peso del agua (g):	1.83	1.91	2.35	2.15
Contenido de humedad (%):	28.37	28.72	29.82	30.37
Nº de golpes:	35	30	24	19
Límite líquido (%)	29.50			



LÍMITE PLÁSTICO

<u>DESCRIPCIÓN</u>	<u>MUESTRAS</u>	
Nº de capsula :	M1	M2
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	23.28	22.70
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	22.93	22.47
Peso de la cápsula (g):	21.45	21.50
Peso de la muestra seca (g):	1.48	0.97
Peso del agua (g):	0.35	0.23
Contenido de humedad (%):	23.65	23.71
Límite plástico (%)	23.68	



Límite líquido = 29.50
Límite plástico = 23.68
Índice de plasticidad = 5.82

Resultado del ensayo de límites de Atterberg - calicata 04



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



LÍMITE DE CONSISTENCIA MTC E 108 y ASTM D 2216

UBICACIÓN: San Sebastián, Cusco, Cusco (Perú)

PROFUNDIDAD : 0.95 m

CALICATA: C- 4

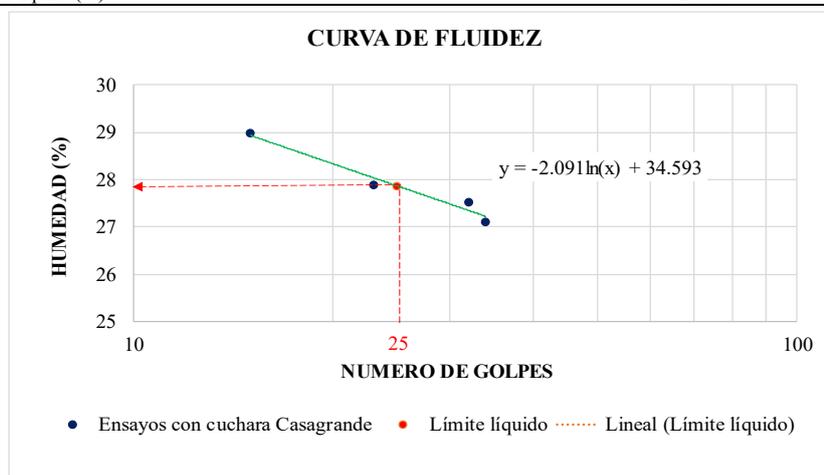
ESTRATO : 0.00 - 1.80 m.

DIRECCIÓN: Sector Agua Buena-Huillcarpay

DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Arena limo arcillosa de color marrón claro

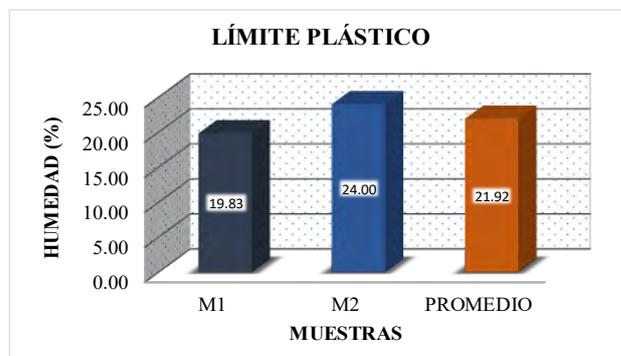
LÍMITE LÍQUIDO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS			
	M1	M2	M3	M4
Nº de capsula :				
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	32.81	30.22	31.55	31.61
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	30.48	28.34	29.58	29.39
Peso de la cápsula (g):	21.89	21.51	22.52	21.73
Peso de la muestra seca (g):	8.59	6.83	7.06	7.66
Peso del agua (g):	2.33	1.88	1.97	2.22
Contenido de humedad (%):	27.12	27.53	27.90	28.98
Nº de golpes:	34	32	23	15
Límite líquido (%)	27.86			



LÍMITE PLÁSTICO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS	
	M1	M2
Nº de capsula :		
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	23.06	23.81
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	22.82	23.45
Peso de la cápsula (g):	21.61	21.95
Peso de la muestra seca (g):	1.21	1.50
Peso del agua (g):	0.24	0.36
Contenido de humedad (%):	19.83	24.00
Límite plástico (%):	21.92	



Límite líquido = 27.86
 Límite plástico = 21.92
 Índice de plasticidad = 5.95

Resultado del ensayo de límites de Atterberg - calicata 05



“INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024”



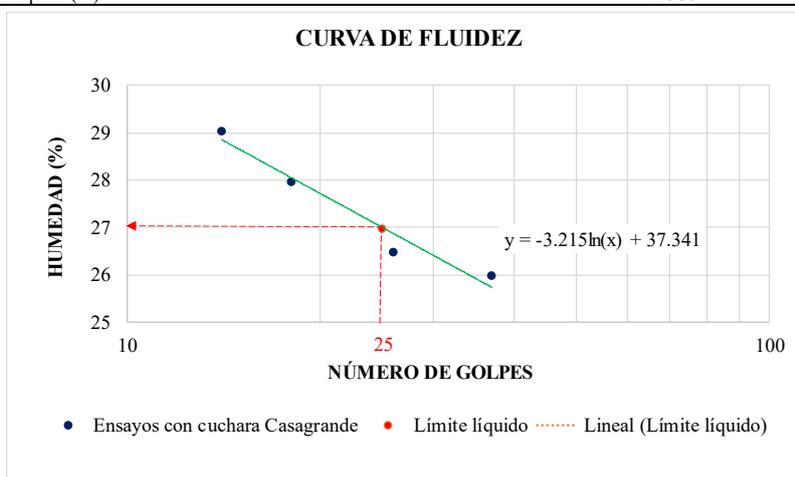
LÍMITES DE CONSISTENCIA

MTC E 110 y MTC E 111, AASHTO T89-68 y T90-70, y ASTM D4318

UBICACIÓN: San Sebastián, Cusco, Cusco (Perú)	PROFUNDIDAD : 1.20 m
CALICATA: C- 5	ESTRATO : 0.00 - 1.65 m
DIRECCIÓN: Sector Agua Buena-Huillcarpay	
DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Arcilla limo arenosa de color marrón oscura	

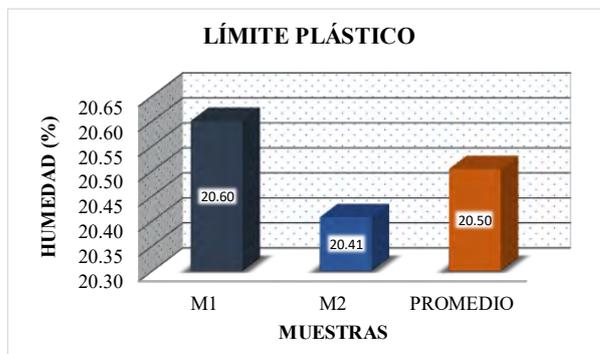
LÍMITE LÍQUIDO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS			
	M1	M2	M3	M4
Nº de cápsula :				
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	74.27	43.17	70.05	70.37
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	71.15	40.35	67.42	67.52
Peso de la cápsula (g):	59.15	29.70	58.02	57.71
Peso de la muestra seca (g):	12.00	10.65	9.40	9.81
Peso del agua (g):	3.12	2.82	2.63	2.85
Contenido de humedad (%):	26.00	26.48	27.98	29.05
Nº de golpes:	37	26	18	14
Límite líquido (%)	26.99			



LÍMITE PLÁSTICO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS	
	M1	M2
Nº de cápsula :		
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	24.56	25.12
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	24.08	24.52
Peso de la cápsula (g):	21.75	21.58
Peso de la muestra seca (g):	2.33	2.94
Peso del agua (g):	0.48	0.60
Contenido de humedad (%):	20.60	20.41
Límite plástico (%)	20.50	

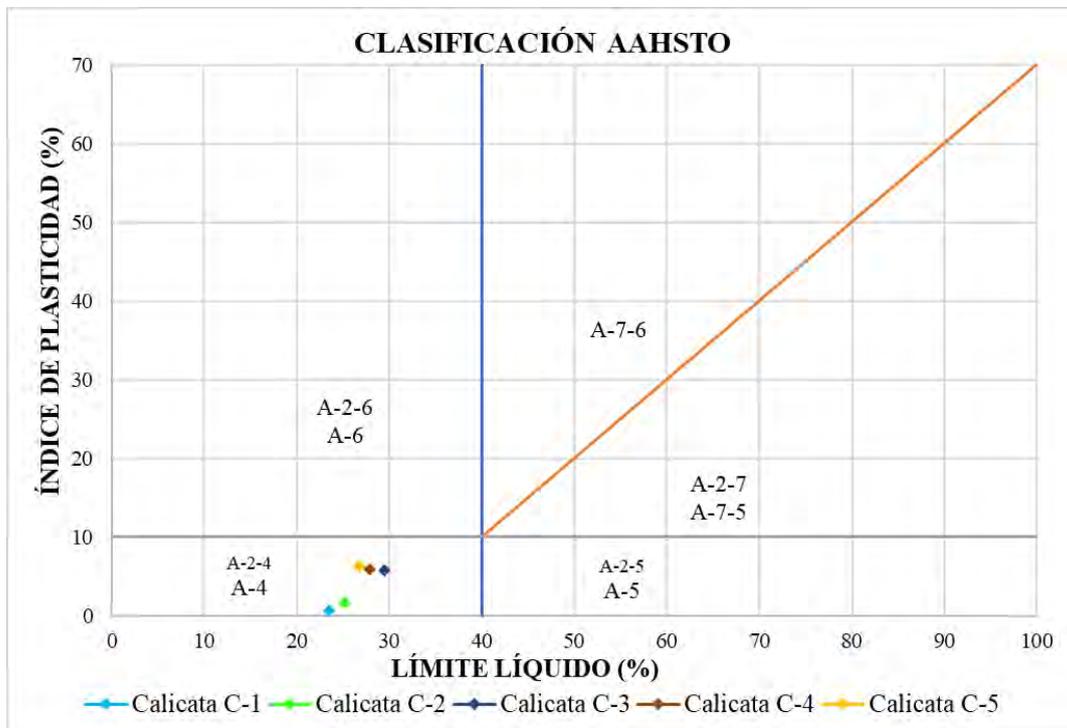
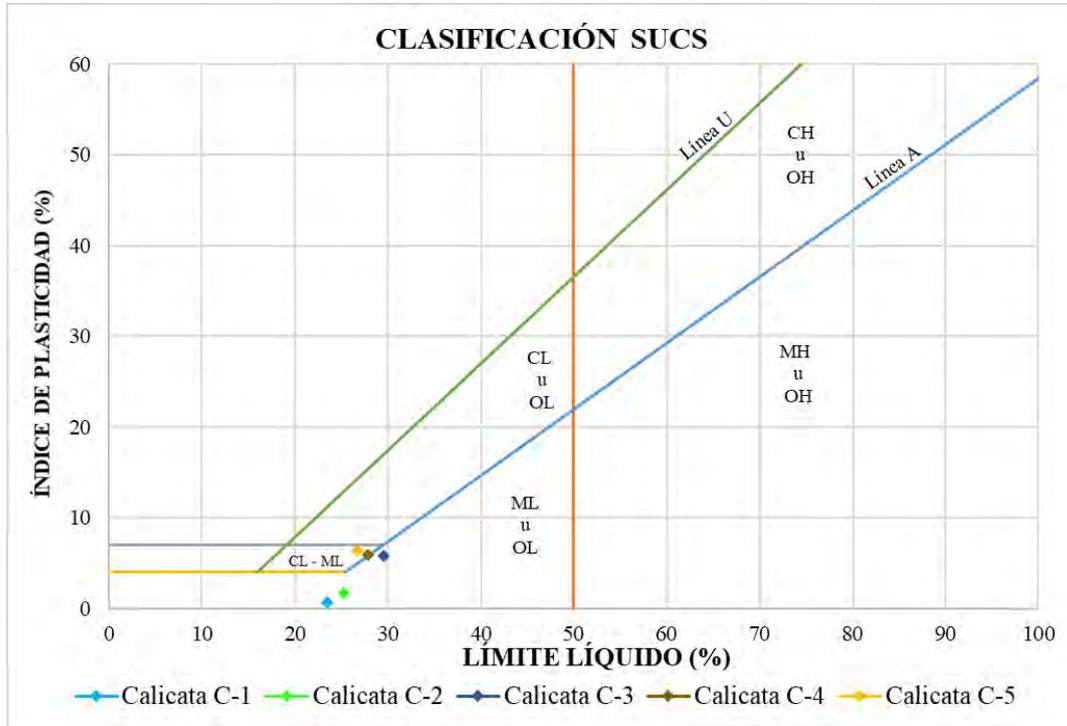


Límite líquido (%) : 26.99
Límite plástico (%) : 20.50
Índice de plasticidad (%) : 6.49



CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN SISTEMAS AASHTO Y SUCS

CALICATA: C-1 a C-5



CALICATA =	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5
SEGÚN SUCS =	ML	ML	ML	SC-SM	CL-ML
SEGÚN AASTHO =	A-4 (0)	A-4 (1)	A-4 (5)	A-4 (0)	A-4 (1)

Anexo C: Resultados del ensayo de límites de Atterberg con tratamientos individuales y combinadas

Resultado del ensayo de Límites de Atterberg del tratamiento T0-02



“INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024”



LÍMITES DE CONSISTENCIA

MTC E 110 y MTC E 111, AASHTO T89-68 y T90-70, y ASTM D4318

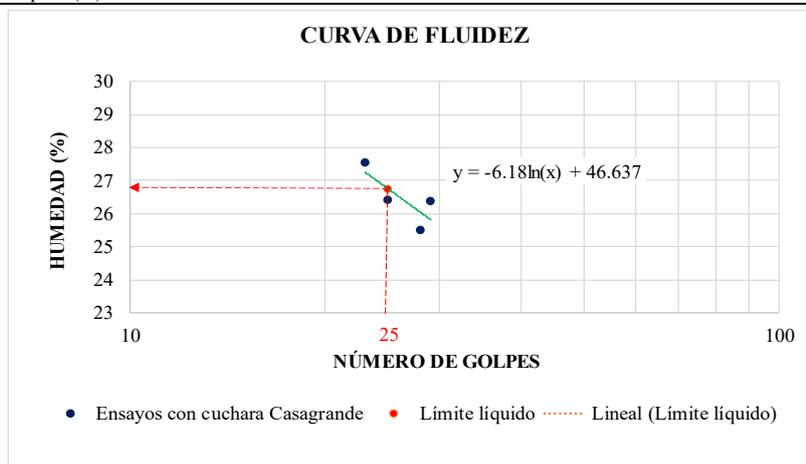
DATOS GENERALES

Calicata: C-5
 Tipo de suelo: A-4 (1)
 Repetición: 2

Adición de Proes: 0.00 %
 Adición de Con-Aid: 0.00 %
 Adición de cemento IP: 0.00 %

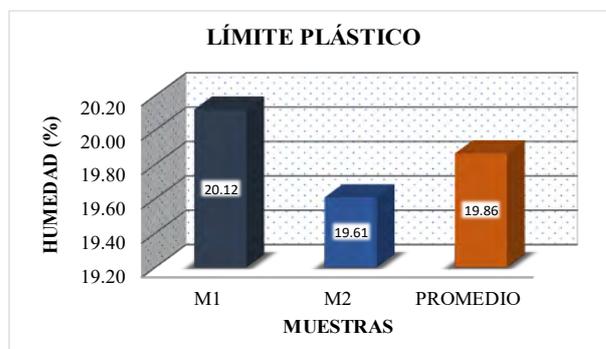
LÍMITE LÍQUIDO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS			
N° de cápsula :	M1	M2	M3	M4
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	69.20	72.79	73.09	68.83
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	67.09	69.87	70.57	66.43
Peso de la cápsula (g):	59.10	58.42	61.03	57.72
Peso de la muestra seca (g):	7.99	11.45	9.54	8.71
Peso del agua (g):	2.11	2.92	2.52	2.40
Contenido de humedad (%):	26.41	25.50	26.42	27.55
N° de golpes:	29	28	25	23
Límite líquido (%)	26.75			



LÍMITE PLÁSTICO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS	
N° de cápsula :	M1	M2
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	25.18	24.60
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	24.51	24.10
Peso de la cápsula (g):	21.18	21.55
Peso de la muestra seca (g):	3.33	2.55
Peso del agua (g):	0.67	0.50
Contenido de humedad (%):	20.12	19.61
Límite plástico (%)	19.86	



Límite líquido (%) : 26.75
 Límite plástico (%) : 19.86
 Índice de plasticidad(%) : 6.88

Resultado del ensayo de Límites de Atterberg del tratamiento T0-03



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



LÍMITES DE CONSISTENCIA

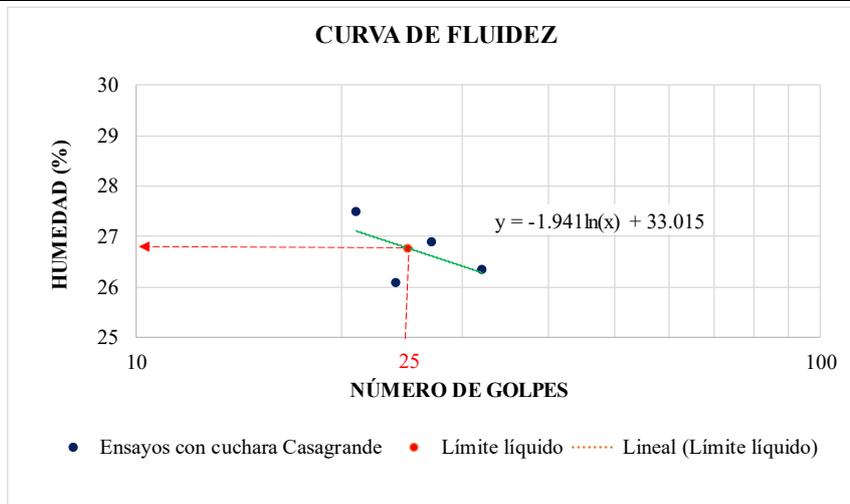
MTC E 110 y MTC E 111, AASHTO T89-68 y T90-70, y ASTM D4318

DATOS GENERALES

Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.00 %
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.00 %
Repetición: 3	Adición de cemento IP: 0.00 %

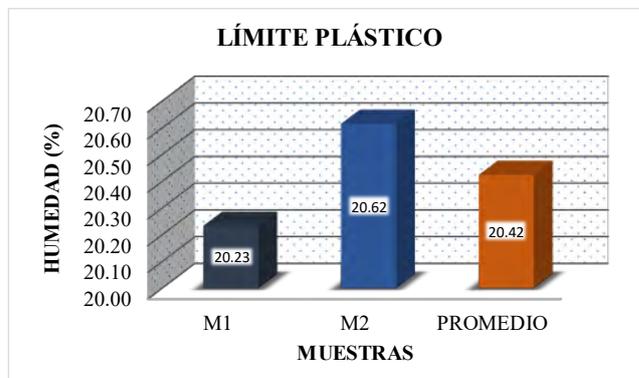
LÍMITE LÍQUIDO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS			
Nº de cápsula :	M1	M2	M3	M4
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	74.19	71.10	71.31	68.50
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	70.87	68.26	68.51	66.32
Peso de la cápsula (g):	58.80	57.70	57.78	58.05
Peso de la muestra seca (g):	12.07	10.56	10.73	8.27
Peso del agua (g):	3.32	2.84	2.80	2.18
Contenido de humedad (%):	27.51	26.89	26.10	26.36
Nº de golpes:	21	27	24	32
Límite líquido (%):	26.77			



LÍMITE PLÁSTICO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS	
Nº de cápsula :	M1	M2
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	24.66	26.28
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	24.14	25.61
Peso de la cápsula (g):	21.57	22.36
Peso de la muestra seca (g):	2.57	3.25
Peso del agua (g):	0.52	0.67
Contenido de humedad (%):	20.23	20.62
Límite plástico (%):	20.42	



Límite líquido (%) : 26.77
Límite plástico (%) : 20.42
Índice de plasticidad(%) : 6.34

Resultado del ensayo de Límites de Atterberg del tratamiento TP1-01



“INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024”



LÍMITES DE CONSISTENCIA

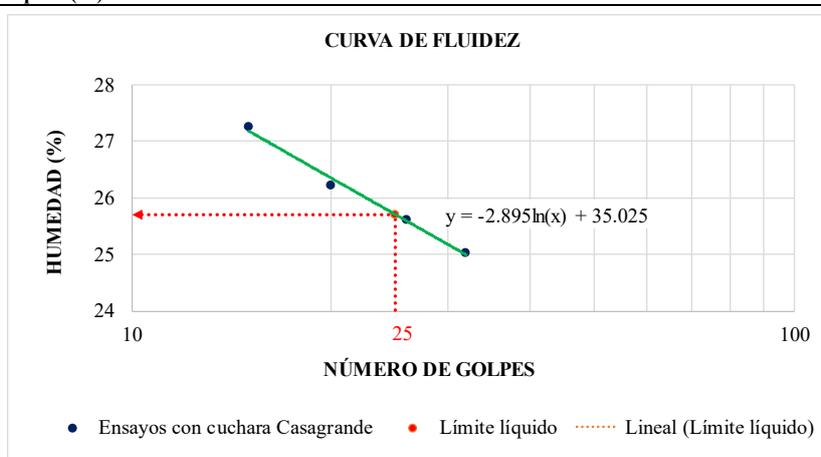
MTC E 110 y MTC E 111, AASHTO T89-68 y T90-70, y ASTM D4318

DATOS GENERALES

Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.00 %
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.00 %
Repetición: 1	Adición de cemento IP: 0.50 %

LÍMITE LÍQUIDO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS			
	M1	M2	M3	M4
N° de cápsula :				
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	70.26	69.87	70.20	70.56
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	67.70	67.29	67.39	67.70
Peso de la cápsula (g):	57.47	57.22	56.67	57.21
Peso de la muestra seca (g):	10.23	10.07	10.72	10.49
Peso del agua (g):	2.56	2.58	2.81	2.86
Contenido de humedad (%):	25.02	25.62	26.21	27.26
N° de golpes:	32	26	20	15
Límite líquido (%) :	25.71			



LÍMITE PLÁSTICO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS	
N° de cápsula :	M1	M2
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	22.70	22.68
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	22.53	22.52
Peso de la cápsula (g):	21.68	21.74
Peso de la muestra seca (g):	0.85	0.78
Peso del agua (g):	0.17	0.16
Contenido de humedad (%):	20.00	20.20
Límite plástico (%) :	20.10	



Límite líquido (%) :	25.71
Límite plástico (%) :	20.10
Índice de plasticidad(%) :	5.60

Resultado del ensayo de Límites de Atterberg del tratamiento TP1-02



“INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024”



LÍMITES DE CONSISTENCIA

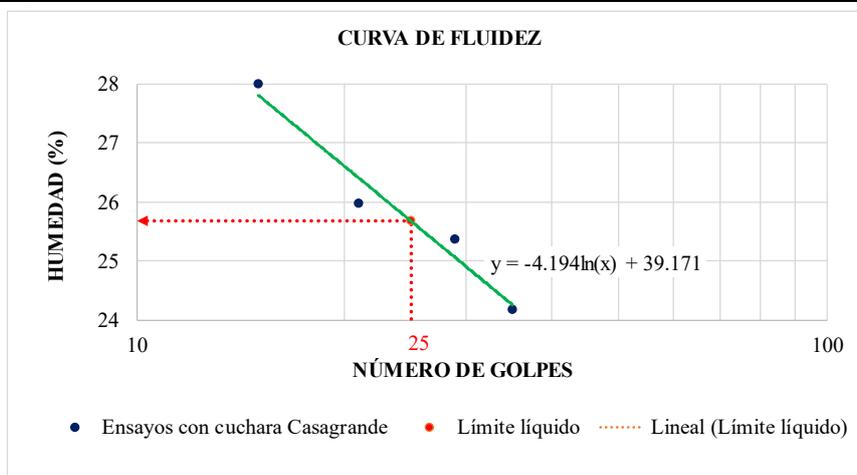
MTC E 110 y MTC E 111, AASHTO T89-68 y T90-70, y ASTM D4318

DATOS GENERALES

Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.00 %
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.00 %
Repetición: 2	Adición de cemento IP: 0.50 %

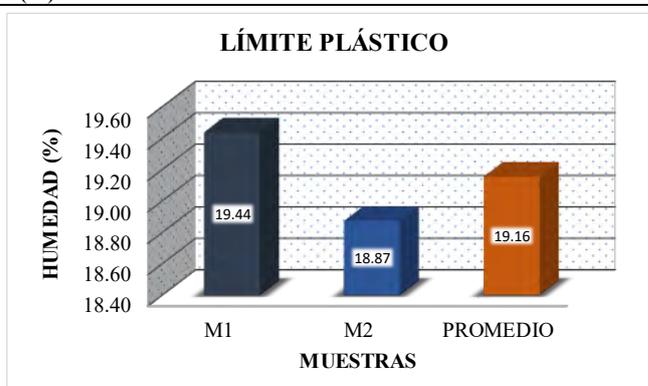
LÍMITE LÍQUIDO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS			
N° de cápsula :	M1	M2	M3	M4
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	68.14	67.75	68.08	68.44
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	65.65	65.19	65.29	65.52
Peso de la cápsula (g):	55.35	55.10	54.55	55.09
Peso de la muestra seca (g):	10.30	10.09	10.74	10.43
Peso del agua (g):	2.49	2.56	2.79	2.92
Contenido de humedad (%):	24.17	25.37	25.98	28.00
N° de golpes:	35	29	21	15
Límite líquido (%) :	25.67			



LÍMITE PLÁSTICO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS	
N° de cápsula :	M1	M2
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	21.69	21.67
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	21.52	21.52
Peso de la cápsula (g):	20.67	20.70
Peso de la muestra seca (g):	0.85	0.82
Peso del agua (g):	0.17	0.15
Contenido de humedad (%):	19.44	18.87
Límite plástico (%) :	19.16	



Límite líquido (%) :	25.67
Límite plástico (%) :	19.16
Índice de plasticidad(%) :	6.51

Resultado del ensayo de Límites de Atterberg del tratamiento TP1-03



“INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024”



LÍMITES DE CONSISTENCIA

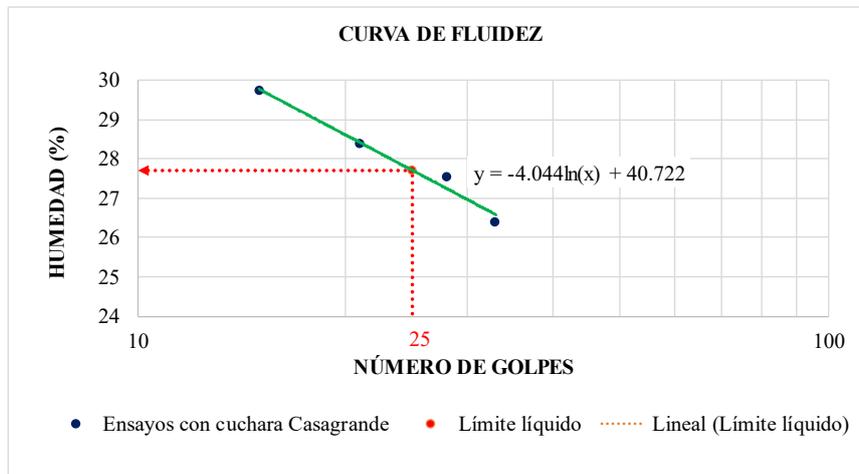
MTC E 110 y MTC E 111, AASHTO T89-68 y T90-70, y ASTM D4318

DATOS GENERALES

Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.00 %
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.00 %
Repetición: 3	Adición de cemento IP: 0.50 %

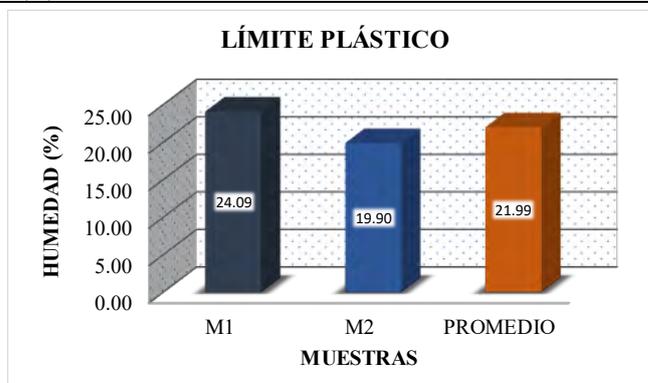
LÍMITE LÍQUIDO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS			
N° de cápsula :	M1	M2	M3	M4
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	72.38	71.99	72.32	72.68
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	69.71	69.26	69.33	69.62
Peso de la cápsula (g):	59.59	59.34	58.79	59.33
Peso de la muestra seca (g):	10.12	9.92	10.54	10.29
Peso del agua (g):	2.67	2.73	2.99	3.06
Contenido de humedad (%):	26.38	27.52	28.37	29.74
N° de golpes:	33	28	21	15
Límite líquido (%) :	27.70			



LÍMITE PLÁSTICO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS	
N° de cápsula :	M1	M2
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	23.82	23.80
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	23.62	23.64
Peso de la cápsula (g):	22.80	22.86
Peso de la muestra seca (g):	0.82	0.78
Peso del agua (g):	0.20	0.16
Contenido de humedad (%):	24.09	19.90
Límite plástico (%) :	21.99	



Límite líquido (%) :	27.70
Límite plástico (%) :	21.99
Índice de plasticidad(%) :	5.71

Resultado del ensayo de Límites de Atterberg del tratamiento TP2-01



“INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024”



LÍMITES DE CONSISTENCIA

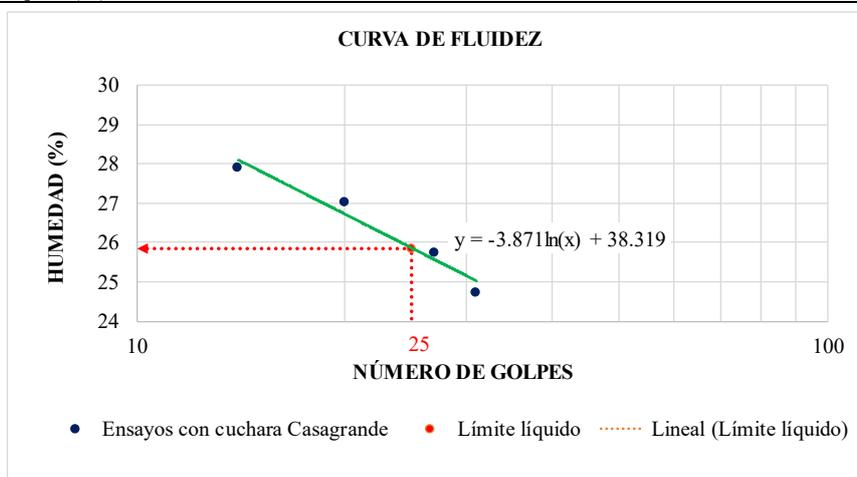
MTC E 110 y MTC E 111, AASHTO T89-68 y T90-70, y ASTM D4318

DATOS GENERALES

Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.00 %
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.00 %
Repetición: 1	Adición de cemento IP: 1.50 %

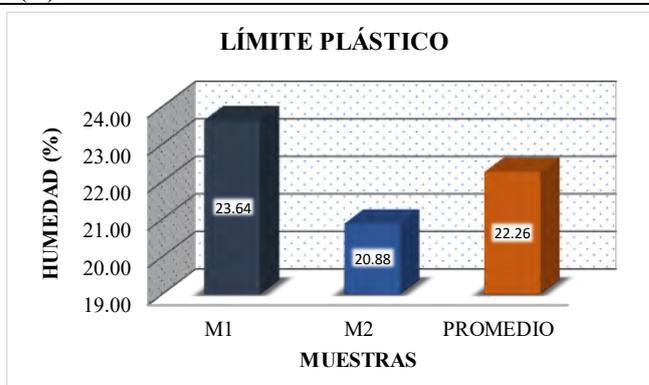
LÍMITE LÍQUIDO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS			
N° de cápsula :	M1	M2	M3	M4
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	70.98	69.92	64.07	66.73
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	68.58	67.65	62.51	64.47
Peso de la cápsula (g):	58.88	58.83	56.74	56.37
Peso de la muestra seca (g):	9.70	8.82	5.77	8.10
Peso del agua (g):	2.40	2.27	1.56	2.26
Contenido de humedad (%):	24.74	25.74	27.04	27.90
N° de golpes:	31	27	20	14
Límite líquido (%) :	25.86			



LÍMITE PLÁSTICO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS	
N° de cápsula :	M1	M2
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	22.84	22.26
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	22.71	22.07
Peso de la cápsula (g):	22.16	21.16
Peso de la muestra seca (g):	0.55	0.91
Peso del agua (g):	0.13	0.19
Contenido de humedad (%):	23.64	20.88
Límite plástico (%) :	22.26	



Límite líquido (%) :	25.86
Límite plástico (%) :	22.26
Índice de plasticidad(%) :	3.60

Resultado del ensayo de Límites de Atterberg del tratamiento TP2-02



“INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024”



LÍMITES DE CONSISTENCIA

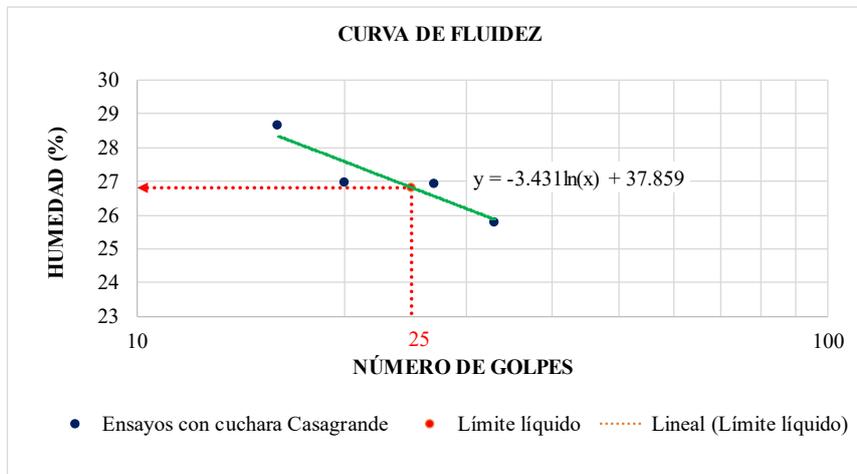
MTC E 110 y MTC E 111, AASHTO T89-68 y T90-70, y ASTM D4318

DATOS GENERALES

Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.00 %
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.00 %
Repetición: 2	Adición de cemento IP: 1.50 %

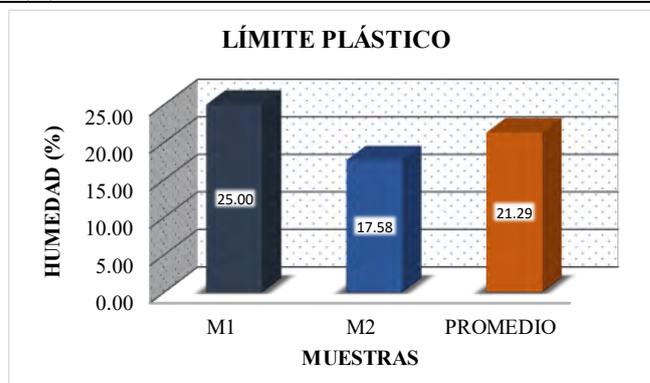
LÍMITE LÍQUIDO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS			
N° de cápsula :	M1	M2	M3	M4
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	26.48	26.12	28.84	26.44
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	24.97	24.73	26.87	24.91
Peso de la cápsula (g):	19.11	19.57	19.57	19.57
Peso de la muestra seca (g):	5.86	5.16	7.30	5.34
Peso del agua (g):	1.51	1.39	1.97	1.53
Contenido de humedad (%):	25.77	26.94	26.99	28.65
N° de golpes:	33	27	20	16
Límite líquido (%) :	26.82			



LÍMITE PLÁSTICO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS	
N° de cápsula :	M1	M2
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	20.50	17.50
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	20.37	17.38
Peso de la cápsula (g):	19.85	16.68
Peso de la muestra seca (g):	0.52	0.70
Peso del agua (g):	0.13	0.12
Contenido de humedad (%):	25.00	17.58
Límite plástico (%) :	21.29	



Límite líquido (%) :	26.82
Límite plástico (%) :	21.29
Índice de plasticidad(%) :	5.53

Resultado del ensayo de Límites de Atterberg del tratamiento TP2-03



“INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024”



LÍMITES DE CONSISTENCIA

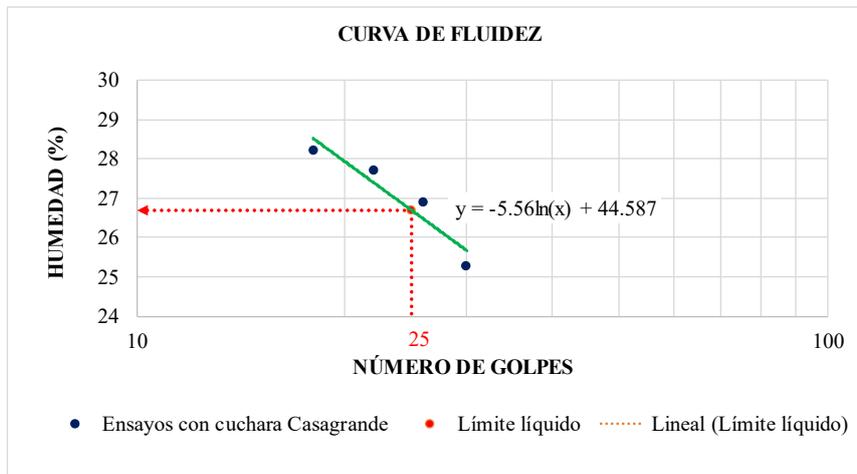
MTC E 110 y MTC E 111, AASHTO T89-68 y T90-70, y ASTM D4318

DATOS GENERALES

Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.00 %
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.00 %
Repetición: 3	Adición de cemento IP: 1.50 %

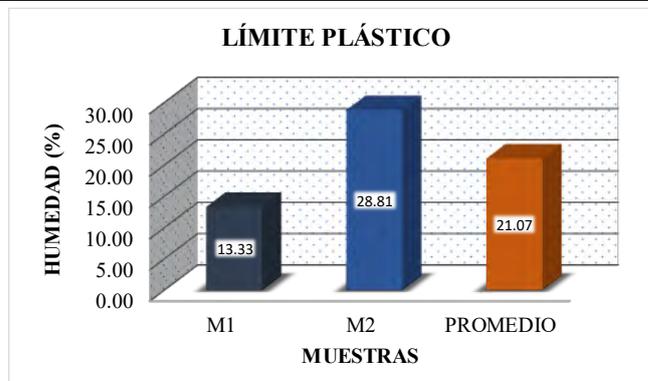
LÍMITE LÍQUIDO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS			
N° de cápsula :	M1	M2	M3	M4
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	73.10	72.04	66.19	68.85
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	70.66	69.69	64.60	66.57
Peso de la cápsula (g):	61.00	60.95	58.86	58.49
Peso de la muestra seca (g):	9.66	8.74	5.74	8.08
Peso del agua (g):	2.44	2.35	1.59	2.28
Contenido de humedad (%):	25.26	26.89	27.70	28.22
N° de golpes:	30	26	22	18
Límite líquido (%) :	26.69			



LÍMITE PLÁSTICO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS	
N° de cápsula :	M1	M2
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	24.96	24.38
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	24.88	24.13
Peso de la cápsula (g):	24.28	23.28
Peso de la muestra seca (g):	0.60	0.85
Peso del agua (g):	0.08	0.25
Contenido de humedad (%):	13.33	28.81
Límite plástico (%) :	21.07	



Límite líquido (%) :	26.69
Límite plástico (%) :	21.07
Índice de plasticidad(%) :	5.62

Resultado del ensayo de Límites de Atterberg del tratamiento TP3-01



“INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024”



LÍMITES DE CONSISTENCIA

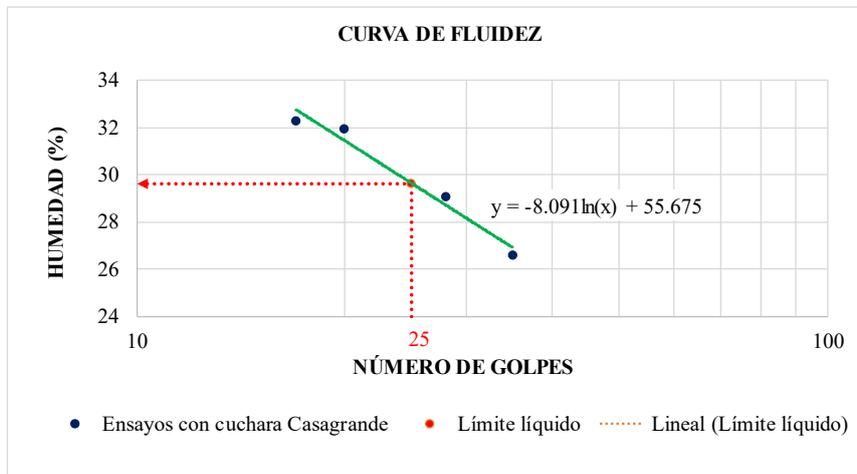
MTC E 110 y MTC E 111, AASHTO T89-68 y T90-70, y ASTM D4318

DATOS GENERALES

Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.01 %
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.00 %
Repetición: 1	Adición de cemento IP: 1.50 %

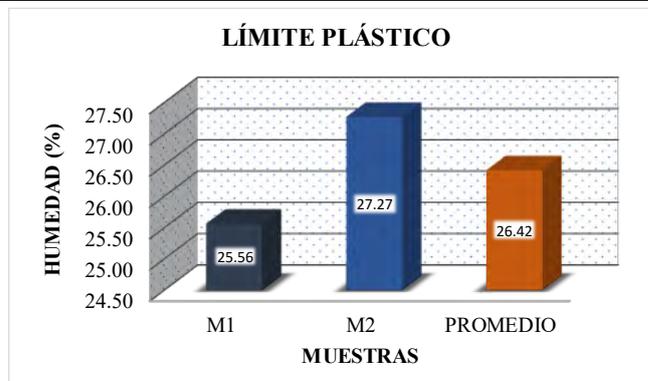
LÍMITE LÍQUIDO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS			
N° de cápsula :	M1	M2	M3	M4
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	68.30	69.61	72.98	69.00
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	66.15	66.91	70.33	66.47
Peso de la cápsula (g):	58.06	57.61	62.03	58.63
Peso de la muestra seca (g):	8.09	9.30	8.30	7.84
Peso del agua (g):	2.15	2.70	2.65	2.53
Contenido de humedad (%):	26.58	29.03	31.93	32.27
N° de golpes:	35	28	20	17
Límite líquido (%) :	29.63			



LÍMITE PLÁSTICO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS	
N° de cápsula :	M1	M2
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	23.02	22.99
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	22.68	22.72
Peso de la cápsula (g):	21.35	21.73
Peso de la muestra seca (g):	1.33	0.99
Peso del agua (g):	0.34	0.27
Contenido de humedad (%):	25.56	27.27
Límite plástico (%) :	26.42	



Límite líquido (%) :	29.63
Límite plástico (%) :	26.42
Índice de plasticidad(%) :	3.21

Resultado del ensayo de Límites de Atterberg del tratamiento TP3-02



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



LÍMITES DE CONSISTENCIA

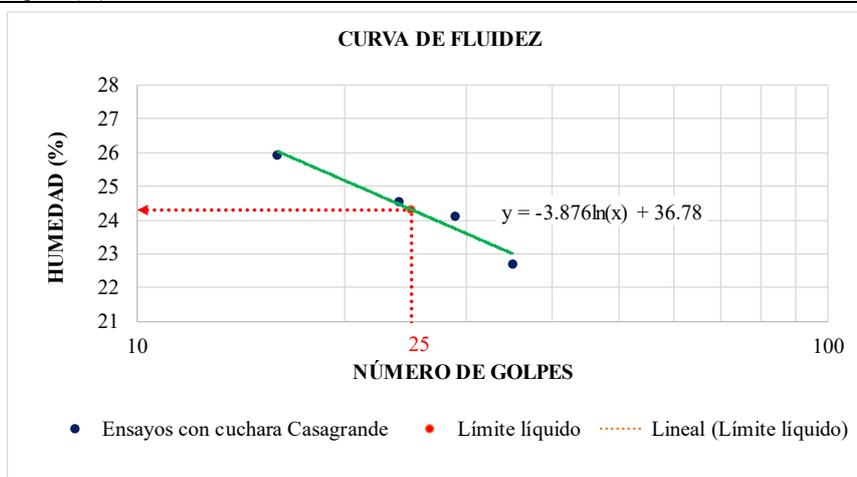
MTC E 110 y MTC E 111, AASHTO T89-68 y T90-70, y ASTM D4318

DATOS GENERALES

Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.01 %
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.00 %
Repetición: 2	Adición de cemento IP: 1.50 %

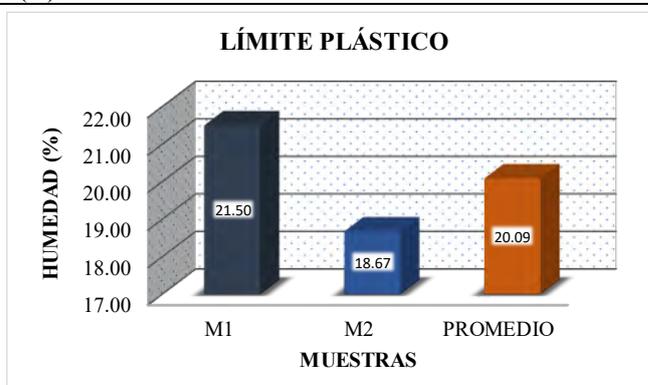
LÍMITE LÍQUIDO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS			
	M1	M2	M3	M4
N° de cápsula :	M1	M2	M3	M4
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	64.63	69.62	63.00	66.70
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	63.19	67.92	61.32	65.28
Peso de la cápsula (g):	56.84	60.87	54.47	59.80
Peso de la muestra seca (g):	6.35	7.05	6.85	5.48
Peso del agua (g):	1.44	1.70	1.68	1.42
Contenido de humedad (%):	22.68	24.11	24.53	25.91
N° de golpes:	35	29	24	16
Límite líquido (%) :	24.31			



LÍMITE PLÁSTICO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS	
	M1	M2
N° de cápsula :	M1	M2
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	22.91	23.45
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	22.57	23.14
Peso de la cápsula (g):	21.00	21.48
Peso de la muestra seca (g):	1.57	1.66
Peso del agua (g):	0.34	0.31
Contenido de humedad (%):	21.50	18.67
Límite plástico (%) :	20.09	



Límite líquido (%) :	24.31
Límite plástico (%) :	20.09
Índice de plasticidad(%) :	4.22

Resultado del ensayo de Límites de Atterberg del tratamiento TP3-03



“INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024”



LÍMITES DE CONSISTENCIA

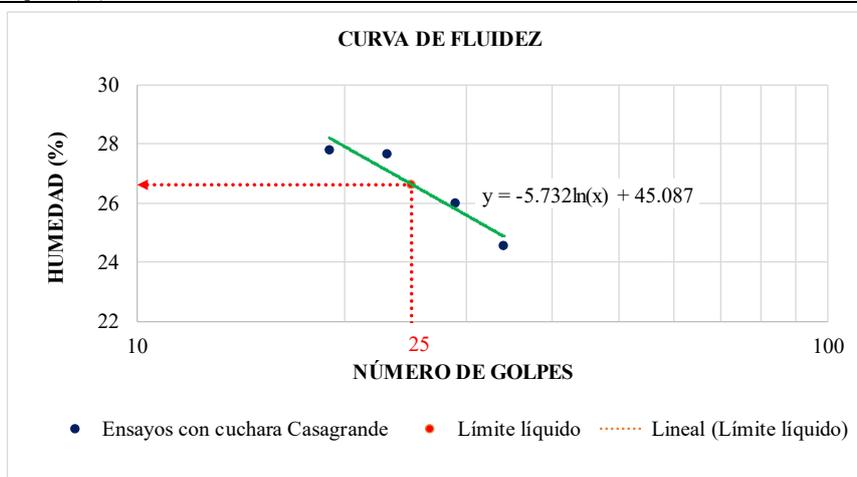
MTC E 110 y MTC E 111, AASHTO T89-68 y T90-70, y ASTM D4318

DATOS GENERALES

Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.01 %
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.00 %
Repetición: 3	Adición de cemento IP: 1.50 %

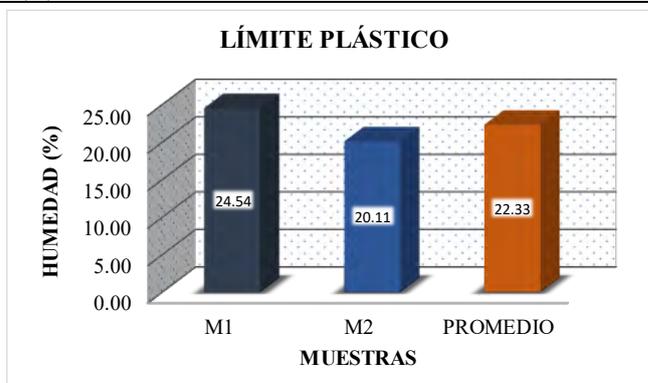
LÍMITE LÍQUIDO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS			
N° de cápsula :	M1	M2	M3	M4
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	25.12	27.18	24.60	25.61
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	23.66	25.42	23.15	24.01
Peso de la cápsula (g):	17.71	18.65	17.91	18.25
Peso de la muestra seca (g):	5.95	6.77	5.24	5.76
Peso del agua (g):	1.46	1.76	1.45	1.60
Contenido de humedad (%):	24.54	26.00	27.67	27.78
N° de golpes:	34	29	23	19
Límite líquido (%) :	26.64			



LÍMITE PLÁSTICO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS	
N° de cápsula :	M1	M2
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	17.44	17.43
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	17.34	17.32
Peso de la cápsula (g):	16.93	16.77
Peso de la muestra seca (g):	0.41	0.55
Peso del agua (g):	0.10	0.11
Contenido de humedad (%):	24.54	20.11
Límite plástico (%) :	22.33	



Límite líquido (%) :	26.64
Límite plástico (%) :	22.33
Índice de plasticidad(%) :	4.31

Resultado del ensayo de Límites de Atterberg del tratamiento TP4-01



“INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024”



LÍMITES DE CONSISTENCIA

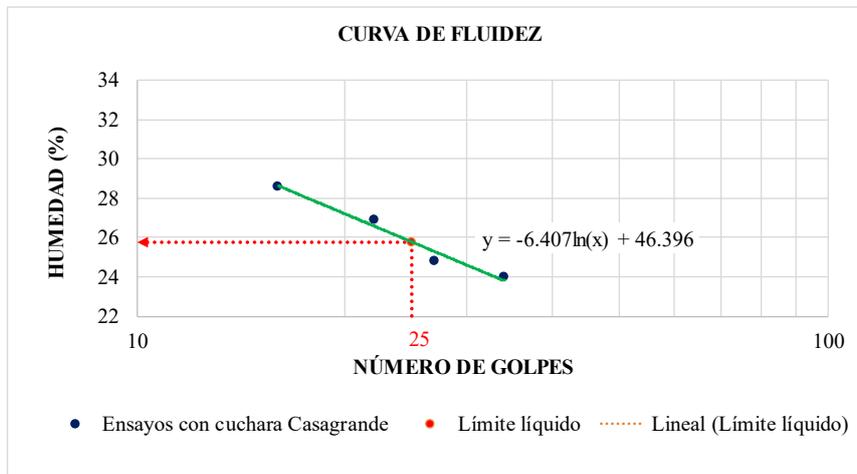
MTC E 110 y MTC E 111, AASHTO T89-68 y T90-70, y ASTM D4318

DATOS GENERALES

Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.03 %
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.00 %
Repetición: 1	Adición de cemento IP: 1.50 %

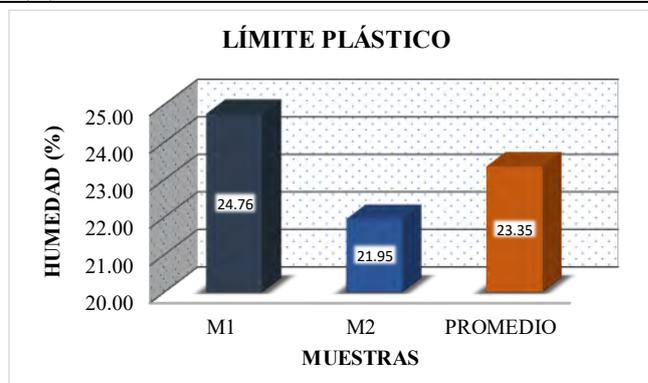
LÍMITE LÍQUIDO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS			
N° de cápsula :	M1	M2	M3	M4
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	29.22	23.35	30.49	29.52
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	27.65	22.25	28.68	27.72
Peso de la cápsula (g):	21.10	17.82	21.96	21.42
Peso de la muestra seca (g):	6.55	4.43	6.72	6.30
Peso del agua (g):	1.57	1.10	1.81	1.80
Contenido de humedad (%):	23.97	24.83	26.93	28.57
N° de golpes:	34	27	22	16
Límite líquido (%) :	25.77			



LÍMITE PLÁSTICO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS	
N° de cápsula :	M1	M2
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	21.70	22.13
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	21.57	22.09
Peso de la cápsula (g):	21.06	21.88
Peso de la muestra seca (g):	0.51	0.21
Peso del agua (g):	0.13	0.04
Contenido de humedad (%):	24.76	21.95
Límite plástico (%) :	23.35	



Límite líquido (%) :	25.77
Límite plástico (%) :	23.35
Índice de plasticidad(%) :	2.42

Resultado del ensayo de Límites de Atterberg del tratamiento TP4-02



“INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024”



LÍMITES DE CONSISTENCIA

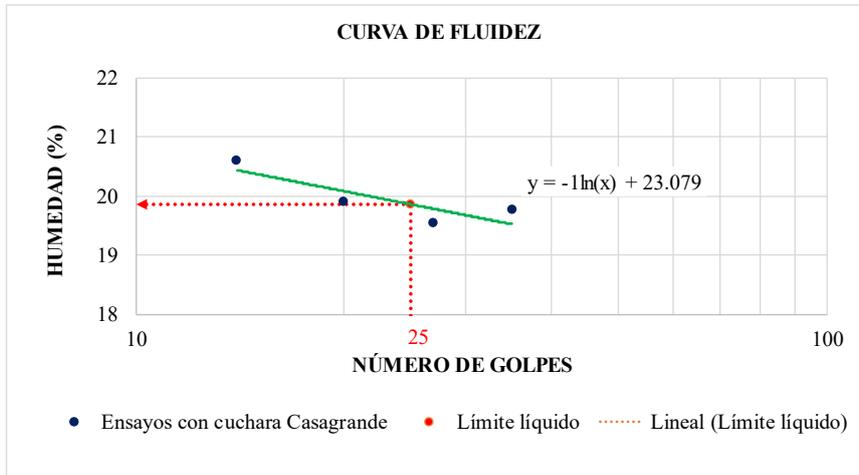
MTC E 110 y MTC E 111, AASHTO T89-68 y T90-70, y ASTM D4318

DATOS GENERALES

Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.03 %
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.00 %
Repetición: 2	Adición de cemento IP: 1.50 %

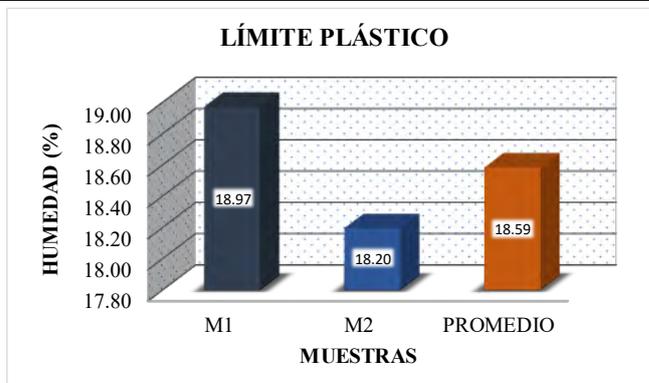
LÍMITE LÍQUIDO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS			
N° de cápsula :	M1	M2	M3	M4
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	59.37	57.98	53.95	60.40
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	58.05	56.94	53.02	59.12
Peso de la cápsula (g):	51.37	51.62	48.35	52.91
Peso de la muestra seca (g):	6.68	5.32	4.67	6.21
Peso del agua (g):	1.32	1.04	0.93	1.28
Contenido de humedad (%):	19.76	19.55	19.91	20.61
N° de golpes:	35	27	20	14
Límite líquido (%) :	19.86			



LÍMITE PLÁSTICO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS	
N° de cápsula :	M1	M2
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	22.12	22.57
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	22.04	22.41
Peso de la cápsula (g):	21.64	21.53
Peso de la muestra seca (g):	0.40	0.88
Peso del agua (g):	0.08	0.16
Contenido de humedad (%):	18.97	18.20
Límite plástico (%) :	18.59	



Límite líquido (%) :	19.86
Límite plástico (%) :	18.59
Índice de plasticidad(%) :	1.28

Resultado del ensayo de Límites de Atterberg del tratamiento TP4-03



“INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024”



LÍMITES DE CONSISTENCIA

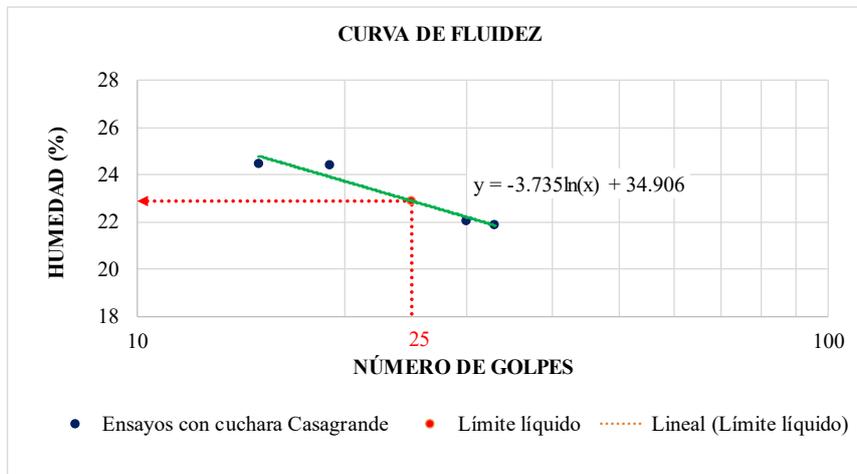
MTC E 110 y MTC E 111, AASHTO T89-68 y T90-70, y ASTM D4318

DATOS GENERALES

Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.03 %
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.00 %
Repetición: 3	Adición de cemento IP: 1.50 %

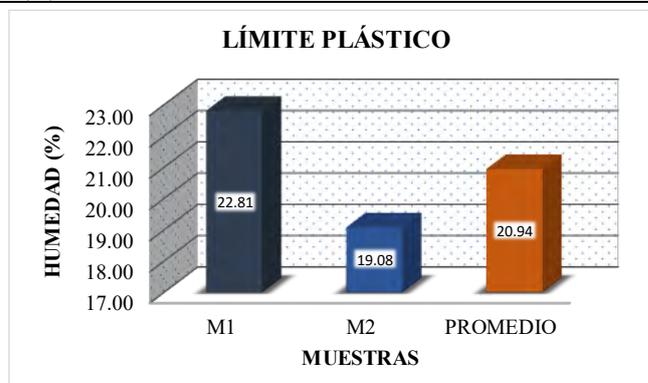
LÍMITE LÍQUIDO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS			
N° de cápsula :	M1	M2	M3	M4
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	64.20	61.07	63.06	65.54
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	63.22	60.16	61.87	64.66
Peso de la cápsula (g):	58.75	56.02	57.00	61.06
Peso de la muestra seca (g):	4.47	4.14	4.87	3.60
Peso del agua (g):	0.98	0.91	1.19	0.88
Contenido de humedad (%):	21.87	22.01	24.38	24.48
N° de golpes:	33	30	19	15
Límite líquido (%) :	22.88			



LÍMITE PLÁSTICO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS	
N° de cápsula :	M1	M2
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	24.74	24.58
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	24.57	24.42
Peso de la cápsula (g):	23.83	23.55
Peso de la muestra seca (g):	0.74	0.86
Peso del agua (g):	0.17	0.17
Contenido de humedad (%):	22.81	19.08
Límite plástico (%) :	20.94	



Límite líquido (%) :	22.88
Límite plástico (%) :	20.94
Índice de plasticidad(%) :	1.94

Resultado del ensayo de Límites de Atterberg del tratamiento TP5-01



“INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024”



LÍMITES DE CONSISTENCIA

MTC E 110 y MTC E 111, AASHTO T89-68 y T90-70, y ASTM D4318

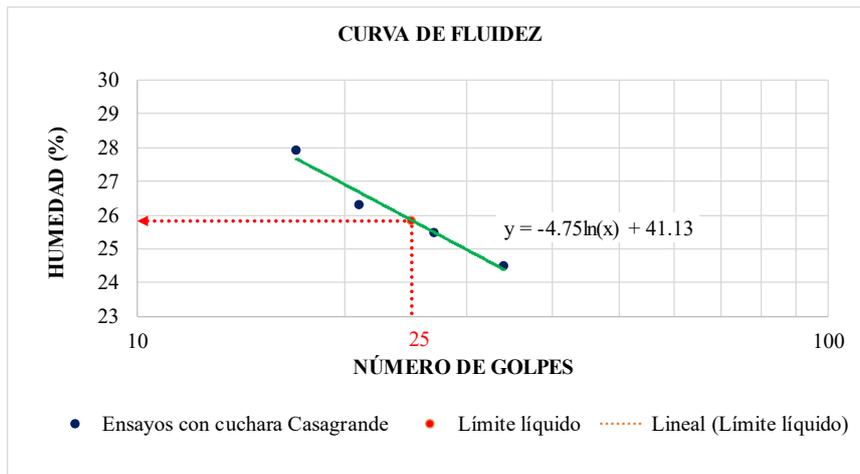
DATOS GENERALES

Calicata: C-5
Tipo de suelo: A-4 (1)
Repetición: 1

Adición de Proes: 0.00 %
Adición de Con-Aid: 0.01 %
Adición de cemento IP: 1.50 %

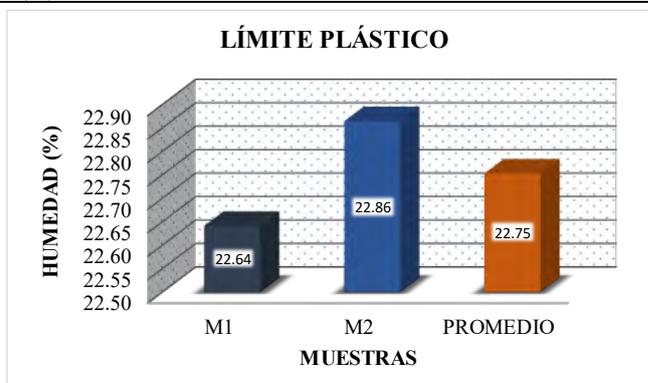
LÍMITE LÍQUIDO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS			
N° de cápsula :	M1	M2	M3	M4
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	28.61	28.25	30.97	28.57
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	27.16	26.92	29.04	27.07
Peso de la cápsula (g):	21.24	21.70	21.70	21.70
Peso de la muestra seca (g):	5.92	5.22	7.34	5.37
Peso del agua (g):	1.45	1.33	1.93	1.50
Contenido de humedad (%):	24.49	25.48	26.29	27.93
N° de golpes:	34	27	21	17
Límite líquido (%) :	25.84			



LÍMITE PLÁSTICO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS	
N° de cápsula :	M1	M2
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	21.63	18.63
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	21.51	18.48
Peso de la cápsula (g):	20.98	17.81
Peso de la muestra seca (g):	0.53	0.67
Peso del agua (g):	0.12	0.15
Contenido de humedad (%):	22.64	22.86
Límite plástico (%) :	22.75	



Límite líquido (%) :	25.84
Límite plástico (%) :	22.75
Índice de plasticidad(%) :	3.09

Resultado del ensayo de Límites de Atterberg del tratamiento TP5-02



“INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024”



LÍMITES DE CONSISTENCIA

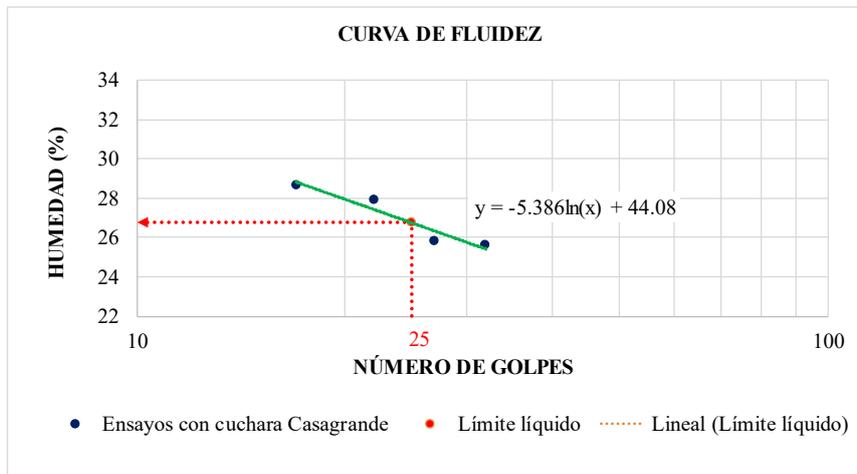
MTC E 110 y MTC E 111, AASHTO T89-68 y T90-70, y ASTM D4318

DATOS GENERALES

Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.00 %
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.01 %
Repetición: 2	Adición de cemento IP: 1.50 %

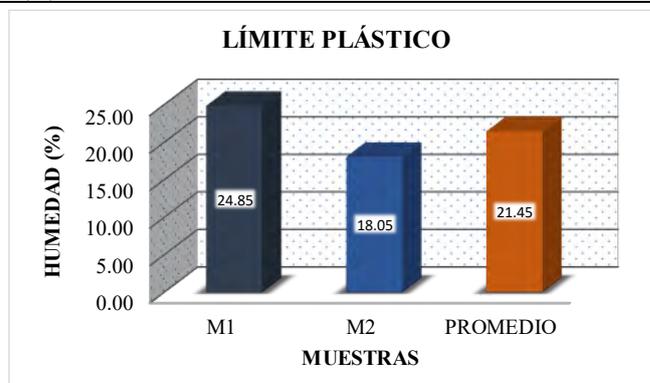
LÍMITE LÍQUIDO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS			
N° de cápsula :	M1	M2	M3	M4
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	20.86	22.92	20.34	21.35
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	19.35	21.17	18.88	19.71
Peso de la cápsula (g):	13.45	14.39	13.65	13.99
Peso de la muestra seca (g):	5.90	6.78	5.23	5.72
Peso del agua (g):	1.51	1.75	1.46	1.64
Contenido de humedad (%):	25.59	25.81	27.92	28.67
N° de golpes:	32	27	22	17
Límite líquido (%) :	26.74			



LÍMITE PLÁSTICO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS	
N° de cápsula :	M1	M2
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	16.18	16.17
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	16.08	16.07
Peso de la cápsula (g):	15.67	15.51
Peso de la muestra seca (g):	0.41	0.56
Peso del agua (g):	0.10	0.10
Contenido de humedad (%):	24.85	18.05
Límite plástico (%) :	21.45	



Límite líquido (%) :	26.74
Límite plástico (%) :	21.45
Índice de plasticidad(%) :	5.30

Resultado del ensayo de Límites de Atterberg del tratamiento TP5-03



“INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024”



LÍMITES DE CONSISTENCIA

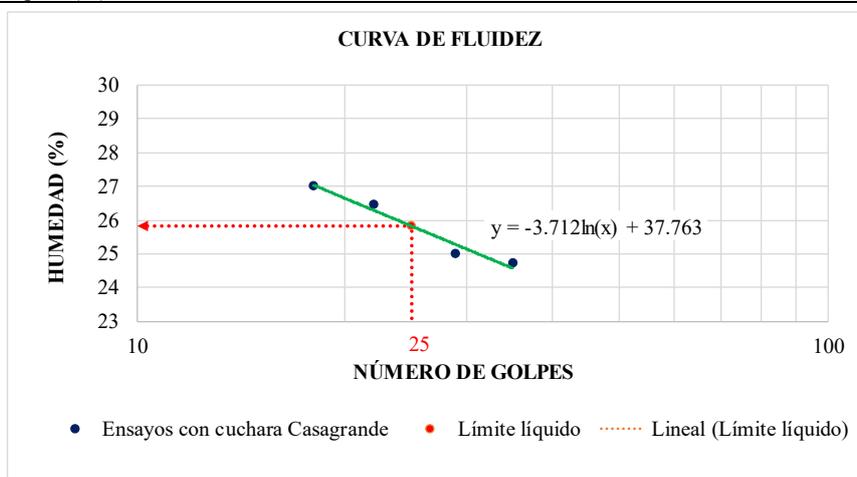
MTC E 110 y MTC E 111, AASHTO T89-68 y T90-70, y ASTM D4318

DATOS GENERALES

Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.00 %
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.01 %
Repetición: 3	Adición de cemento IP: 1.50 %

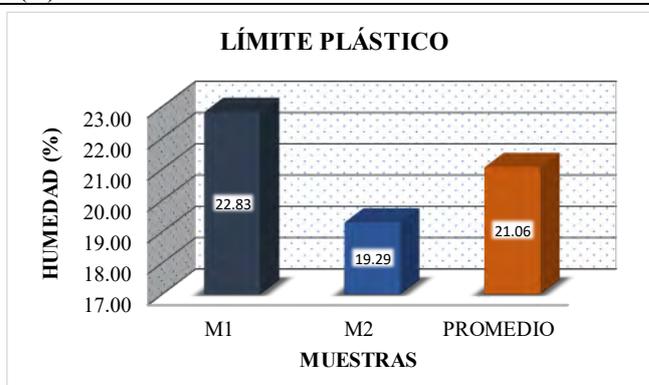
LÍMITE LÍQUIDO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS			
N° de cápsula :	M1	M2	M3	M4
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	30.74	30.38	33.10	30.70
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	29.28	29.07	31.16	29.24
Peso de la cápsula (g):	23.37	23.83	23.83	23.83
Peso de la muestra seca (g):	5.91	5.24	7.33	5.41
Peso del agua (g):	1.46	1.31	1.94	1.46
Contenido de humedad (%):	24.70	25.00	26.47	26.99
N° de golpes:	35	29	22	18
Límite líquido (%) :	25.82			



LÍMITE PLÁSTICO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS	
N° de cápsula :	M1	M2
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	22.76	19.76
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	22.64	19.63
Peso de la cápsula (g):	22.11	18.94
Peso de la muestra seca (g):	0.53	0.69
Peso del agua (g):	0.12	0.13
Contenido de humedad (%):	22.83	19.29
Límite plástico (%) :	21.06	



Límite líquido (%) :	25.82
Límite plástico (%) :	21.06
Índice de plasticidad(%) :	4.76

Resultado del ensayo de Límites de Atterberg del tratamiento TP6-01



“INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024”



LÍMITES DE CONSISTENCIA

MTC E 110 y MTC E 111, AASHTO T89-68 y T90-70, y ASTM D4318

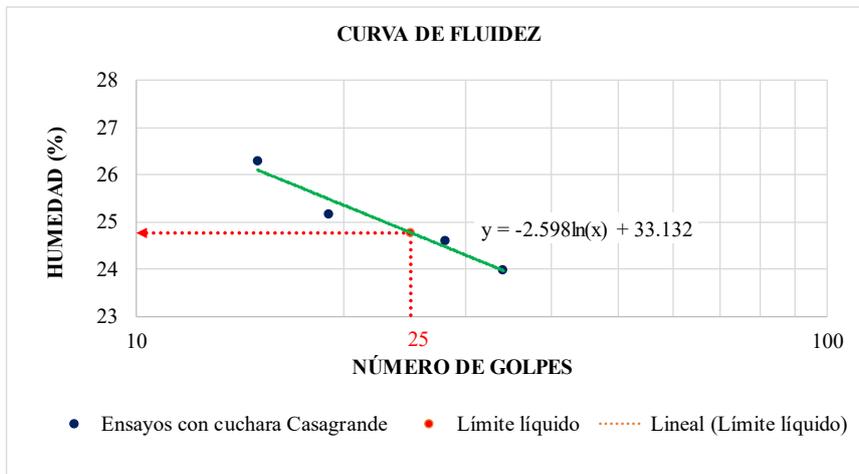
DATOS GENERALES

Calicata: C-5
Tipo de suelo: A-4 (1)
Repetición: 1

Adición de Proes: 0.00 %
Adición de Con-Aid: 0.03 %
Adición de cemento IP: 1.50 %

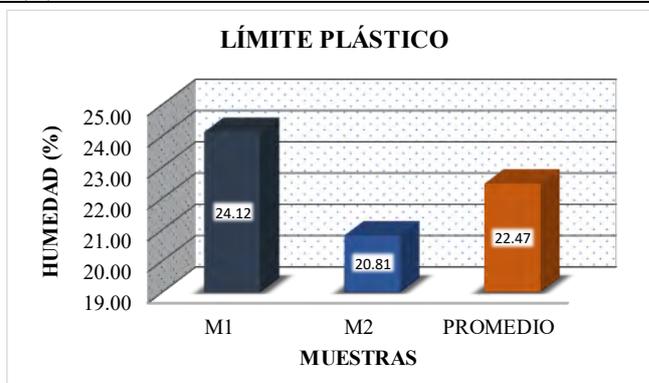
LÍMITE LÍQUIDO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS			
N° de cápsula :	M1	M2	M3	M4
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	29.70	33.00	29.51	29.04
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	28.06	30.77	27.94	27.52
Peso de la cápsula (g):	21.22	21.70	21.70	21.74
Peso de la muestra seca (g):	6.84	9.07	6.24	5.78
Peso del agua (g):	1.64	2.23	1.57	1.52
Contenido de humedad (%):	23.98	24.59	25.16	26.30
N° de golpes:	34	28	19	15
Límite líquido (%) :	24.77			



LÍMITE PLÁSTICO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS	
N° de cápsula :	M1	M2
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	22.16	19.16
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	21.93	18.93
Peso de la cápsula (g):	20.99	17.84
Peso de la muestra seca (g):	0.94	1.09
Peso del agua (g):	0.23	0.23
Contenido de humedad (%):	24.12	20.81
Límite plástico (%) :	22.47	



Límite líquido (%) :	24.77
Límite plástico (%) :	22.47
Índice de plasticidad(%) :	2.30

Resultado del ensayo de Límites de Atterberg del tratamiento TP6-02



“INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024”



LÍMITES DE CONSISTENCIA

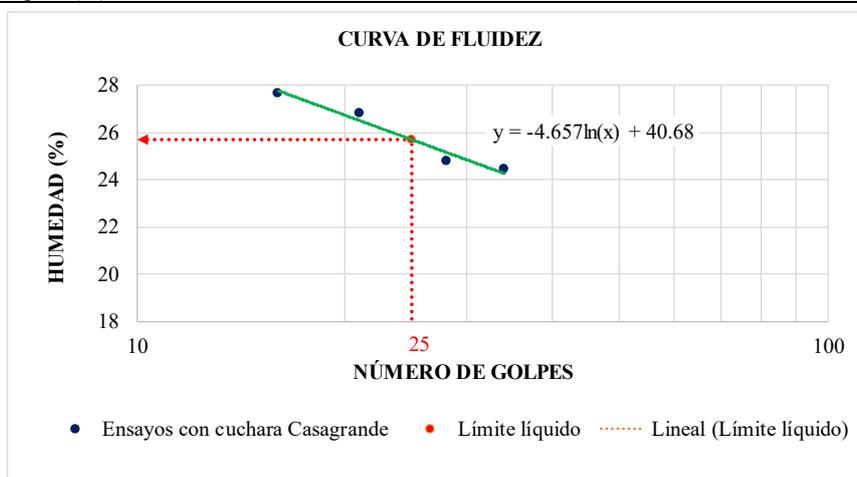
MTC E 110 y MTC E 111, AASHTO T89-68 y T90-70, y ASTM D4318

DATOS GENERALES

Calicata: C-5
 Tipo de suelo: A-4 (1)
 Repetición: 2
 Adición de Proes: 0.00 %
 Adición de Con-Aid: 0.03 %
 Adición de cemento IP: 1.50 %

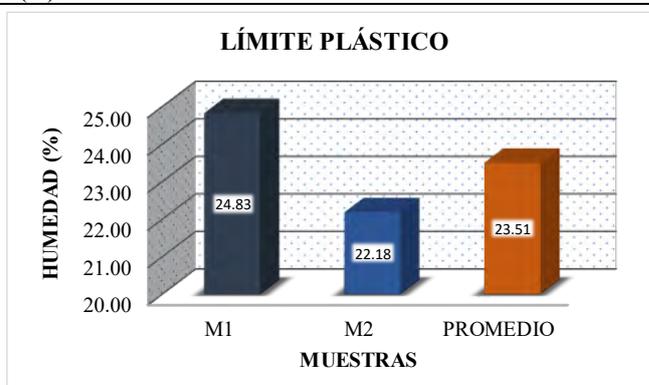
LÍMITE LÍQUIDO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS			
N° de cápsula :	M1	M2	M3	M4
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	59.96	56.83	58.82	61.30
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	58.89	55.83	57.54	60.33
Peso de la cápsula (g):	54.51	51.78	52.76	56.82
Peso de la muestra seca (g):	4.38	4.05	4.78	3.51
Peso del agua (g):	1.07	1.00	1.28	0.97
Contenido de humedad (%):	24.43	24.78	26.80	27.67
N° de golpes:	34	28	21	16
Límite líquido (%) :	25.69			



LÍMITE PLÁSTICO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS	
N° de cápsula :	M1	M2
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	20.50	20.34
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	20.32	20.15
Peso de la cápsula (g):	19.59	19.31
Peso de la muestra seca (g):	0.73	0.84
Peso del agua (g):	0.18	0.19
Contenido de humedad (%):	24.83	22.18
Límite plástico (%) :	23.51	



Límite líquido (%) : 25.69
Límite plástico (%) : 23.51
Índice de plasticidad(%) : 2.18

Resultado del ensayo de Límites de Atterberg del tratamiento TP6-03



“INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024”



LÍMITES DE CONSISTENCIA

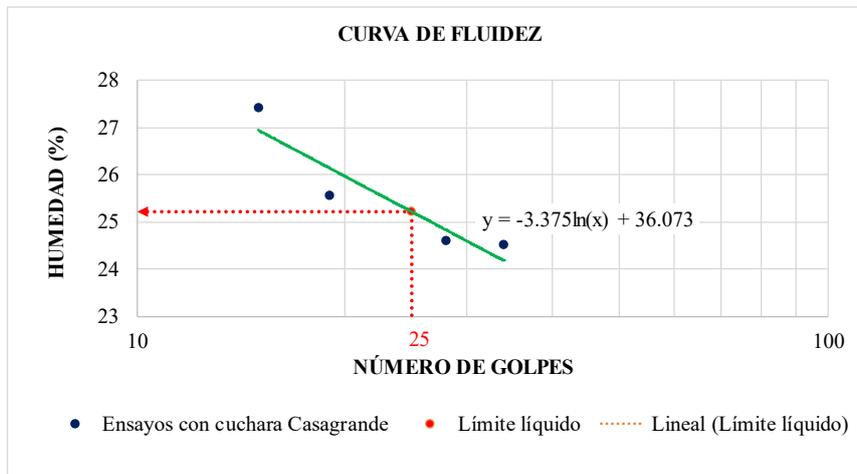
MTC E 110 y MTC E 111, AASHTO T89-68 y T90-70, y ASTM D4318

DATOS GENERALES

Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.00 %
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.03 %
Repetición: 3	Adición de cemento IP: 1.50 %

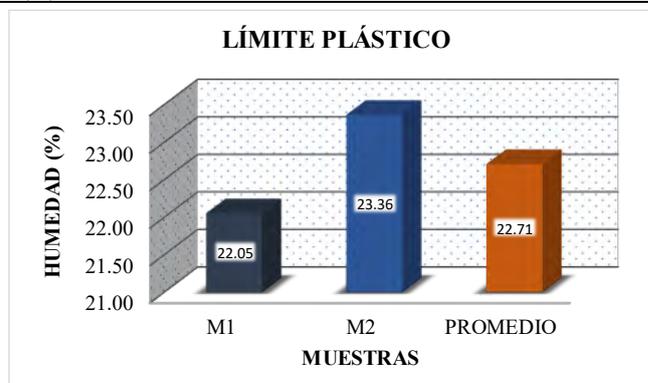
LÍMITE LÍQUIDO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS			
N° de cápsula :	M1	M2	M3	M4
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	28.58	31.88	28.39	27.92
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	26.91	29.65	26.80	26.35
Peso de la cápsula (g):	20.10	20.58	20.58	20.62
Peso de la muestra seca (g):	6.81	9.07	6.22	5.73
Peso del agua (g):	1.67	2.23	1.59	1.57
Contenido de humedad (%):	24.52	24.59	25.56	27.40
N° de golpes:	34	28	19	15
Límite líquido (%) :	25.21			



LÍMITE PLÁSTICO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS	
N° de cápsula :	M1	M2
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	22.29	19.29
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	22.08	19.04
Peso de la cápsula (g):	21.12	17.97
Peso de la muestra seca (g):	0.96	1.07
Peso del agua (g):	0.21	0.25
Contenido de humedad (%):	22.05	23.36
Límite plástico (%) :	22.71	



Límite líquido (%) :	25.21
Límite plástico (%) :	22.71
Índice de plasticidad(%) :	2.50

Resultado del ensayo de Límites de Atterberg del tratamiento T1-01



“INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024”



LÍMITES DE CONSISTENCIA

MTC E 110 y MTC E 111, AASHTO T89-68 y T90-70, y ASTM D4318

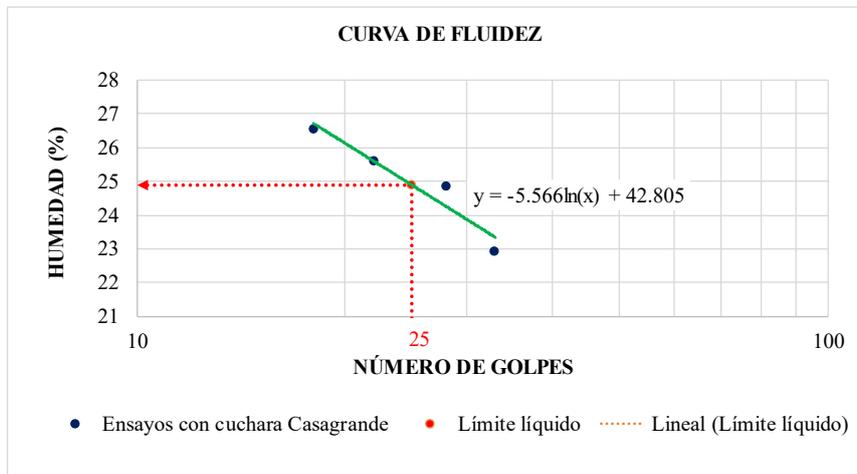
DATOS GENERALES

Calicata: C-5
Tipo de suelo: A-4 (1)
Repetición: 1

Adición de Proes: 0.01 %
Adición de Con-Aid: 0.03 %
Adición de cemento IP: 0.50 %

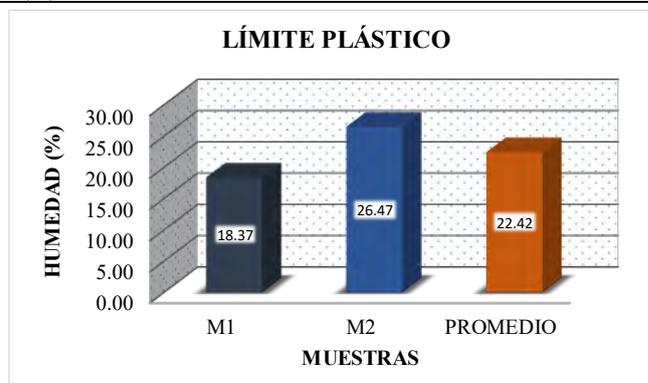
LÍMITE LÍQUIDO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS			
N° de cápsula :	M1	M2	M3	M4
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	20.43	23.59	23.10	23.45
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	19.53	22.18	21.60	21.87
Peso de la cápsula (g):	15.60	16.51	15.74	15.92
Peso de la muestra seca (g):	3.93	5.67	5.86	5.95
Peso del agua (g):	0.90	1.41	1.50	1.58
Contenido de humedad (%):	22.90	24.87	25.60	26.55
N° de golpes:	33	28	22	18
Límite líquido (%) :	24.89			



LÍMITE PLÁSTICO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS	
N° de cápsula :	M1	M2
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	16.07	16.12
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	16.03	16.03
Peso de la cápsula (g):	15.78	15.69
Peso de la muestra seca (g):	0.24	0.34
Peso del agua (g):	0.05	0.09
Contenido de humedad (%):	18.37	26.47
Límite plástico (%) :	22.42	



Límite líquido (%) :	24.89
Límite plástico (%) :	22.42
Índice de plasticidad(%) :	2.47

Resultado del ensayo de Límites de Atterberg del tratamiento T1-02



“INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024”



LÍMITES DE CONSISTENCIA

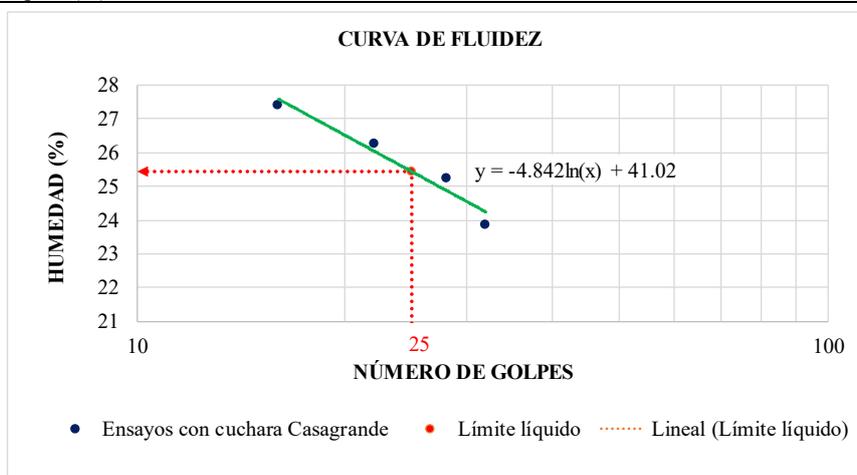
MTC E 110 y MTC E 111, AASHTO T89-68 y T90-70, y ASTM D4318

DATOS GENERALES

Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.01 %
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.03 %
Repetición: 2	Adición de cemento IP: 0.50 %

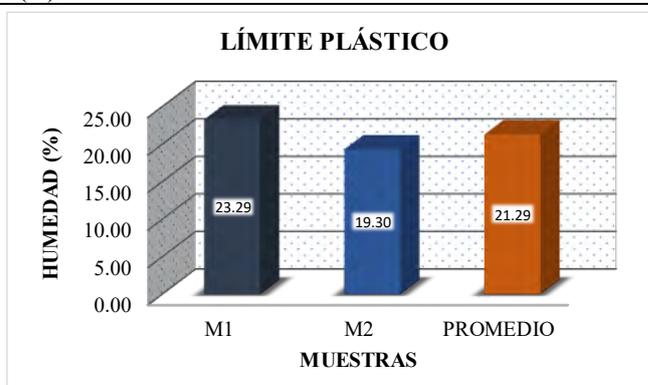
LÍMITE LÍQUIDO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS			
N° de cápsula :	M1	M2	M3	M4
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	63.38	62.63	65.43	67.66
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	61.77	61.12	63.86	66.27
Peso de la cápsula (g):	55.02	55.14	57.88	61.20
Peso de la muestra seca (g):	6.75	5.98	5.98	5.07
Peso del agua (g):	1.61	1.51	1.57	1.39
Contenido de humedad (%):	23.85	25.25	26.25	27.42
N° de golpes:	32	28	22	16
Límite líquido (%) :	25.43			



LÍMITE PLÁSTICO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS	
N° de cápsula :	M1	M2
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	21.73	22.19
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	21.68	22.08
Peso de la cápsula (g):	21.46	21.51
Peso de la muestra seca (g):	0.22	0.57
Peso del agua (g):	0.05	0.11
Contenido de humedad (%):	23.29	19.30
Límite plástico (%) :	21.29	



Límite líquido (%) :	25.43
Límite plástico (%) :	21.29
Índice de plasticidad(%) :	4.14

Resultado del ensayo de Límites de Atterberg del tratamiento T1-03



“INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024”



LÍMITES DE CONSISTENCIA

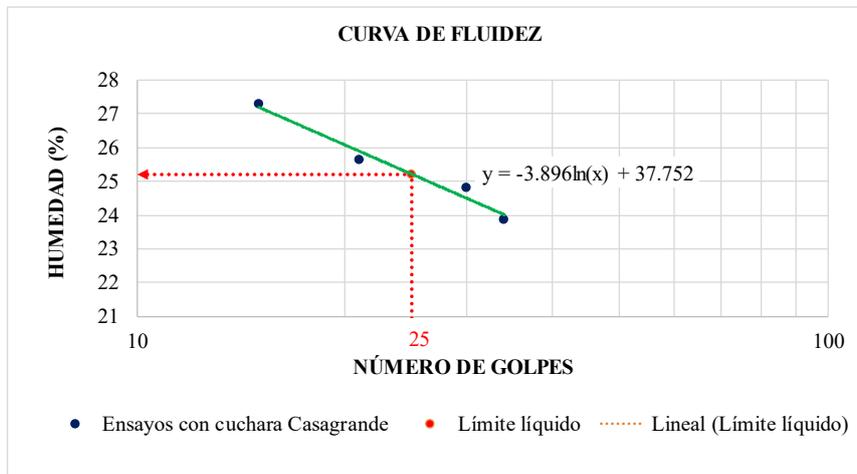
MTC E 110 y MTC E 111, AASHTO T89-68 y T90-70, y ASTM D4318

DATOS GENERALES

Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.01 %
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.03 %
Repetición: 3	Adición de cemento IP: 0.50 %

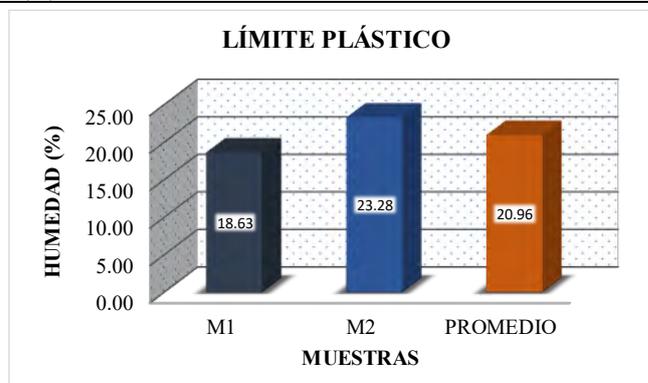
LÍMITE LÍQUIDO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS			
N° de cápsula :	M1	M2	M3	M4
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	68.89	73.88	67.26	70.96
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	67.39	72.14	65.52	69.48
Peso de la cápsula (g):	61.10	65.13	58.73	64.06
Peso de la muestra seca (g):	6.29	7.01	6.79	5.42
Peso del agua (g):	1.50	1.74	1.74	1.48
Contenido de humedad (%):	23.85	24.82	25.63	27.31
N° de golpes:	34	30	21	15
Límite líquido (%) :	25.21			



LÍMITE PLÁSTICO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS	
N° de cápsula :	M1	M2
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	24.17	24.71
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	23.87	24.34
Peso de la cápsula (g):	22.26	22.74
Peso de la muestra seca (g):	1.61	1.60
Peso del agua (g):	0.30	0.37
Contenido de humedad (%):	18.63	23.28
Límite plástico (%) :	20.96	



Límite líquido (%) :	25.21
Límite plástico (%) :	20.96
Índice de plasticidad(%) :	4.25

Resultado del ensayo de Límites de Atterberg del tratamiento T2-01



“INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024”



LÍMITES DE CONSISTENCIA

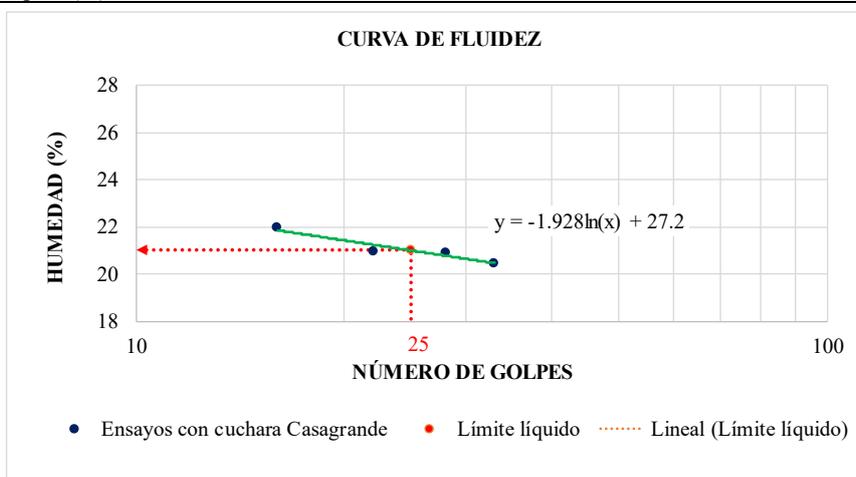
MTC E 110 y MTC E 111, AASHTO T89-68 y T90-70, y ASTM D4318

DATOS GENERALES

Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.03 %
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.03 %
Repetición: 1	Adición de cemento IP: 1.50 %

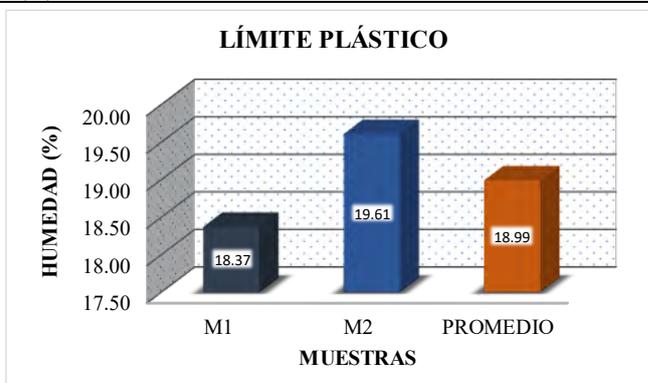
LÍMITE LÍQUIDO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS			
N° de cápsula :	M1	M2	M3	M4
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	65.49	64.10	60.07	66.52
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	64.13	63.00	59.10	65.17
Peso de la cápsula (g):	57.49	57.74	54.47	59.03
Peso de la muestra seca (g):	6.64	5.26	4.63	6.14
Peso del agua (g):	1.36	1.10	0.97	1.35
Contenido de humedad (%):	20.48	20.91	20.95	21.99
N° de golpes:	33	28	22	16
Límite líquido (%) :	20.99			



LÍMITE PLÁSTICO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS	
N° de cápsula :	M1	M2
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	22.26	22.71
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	22.19	22.54
Peso de la cápsula (g):	21.78	21.67
Peso de la muestra seca (g):	0.41	0.87
Peso del agua (g):	0.07	0.17
Contenido de humedad (%):	18.37	19.61
Límite plástico (%) :	18.99	



Límite líquido (%) :	20.99
Límite plástico (%) :	18.99
Índice de plasticidad(%) :	2.00

Resultado del ensayo de Límites de Atterberg del tratamiento T2-02



“INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024”



LÍMITES DE CONSISTENCIA

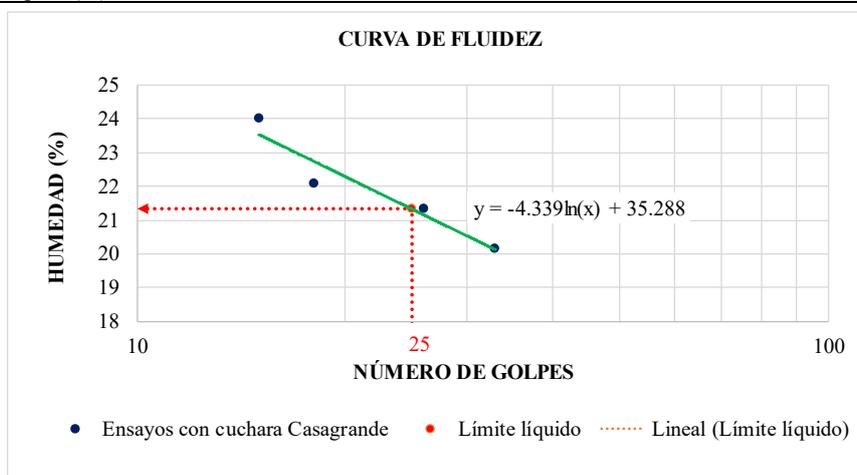
MTC E 110 y MTC E 111, AASHTO T89-68 y T90-70, y ASTM D4318

DATOS GENERALES

Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.03 %
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.03 %
Repetición: 2	Adición de cemento IP: 1.50 %

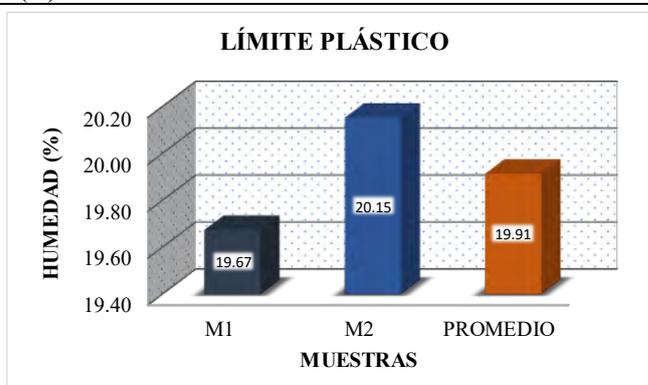
LÍMITE LÍQUIDO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS			
N° de cápsula :	M1	M2	M3	M4
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	22.36	20.02	19.38	39.10
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	21.18	18.55	17.87	37.60
Peso de la cápsula (g):	15.31	11.66	11.05	31.34
Peso de la muestra seca (g):	5.87	6.89	6.82	6.26
Peso del agua (g):	1.18	1.47	1.51	1.50
Contenido de humedad (%):	20.14	21.34	22.07	24.00
N° de golpes:	33	26	18	15
Límite líquido (%) :	21.32			



LÍMITE PLÁSTICO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS	
N° de cápsula :	M1	M2
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	22.43	22.50
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	22.12	22.28
Peso de la cápsula (g):	20.52	21.18
Peso de la muestra seca (g):	1.60	1.10
Peso del agua (g):	0.31	0.22
Contenido de humedad (%):	19.67	20.15
Límite plástico (%) :	19.91	



Límite líquido (%) :	21.32
Límite plástico (%) :	19.91
Índice de plasticidad(%) :	1.41

Resultado del ensayo de Límites de Atterberg del tratamiento T2-03



“INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024”



LÍMITES DE CONSISTENCIA

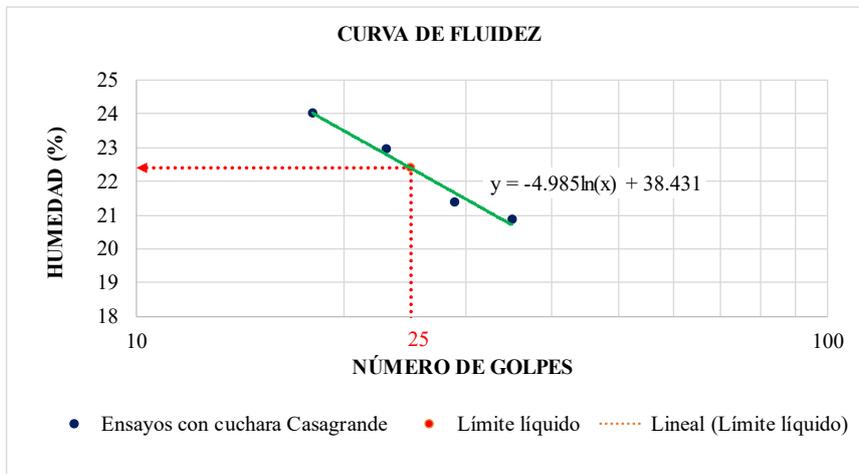
MTC E 110 y MTC E 111, AASHTO T89-68 y T90-70, y ASTM D4318

DATOS GENERALES

Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.03 %
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.03 %
Repetición: 3	Adición de cemento IP: 1.50 %

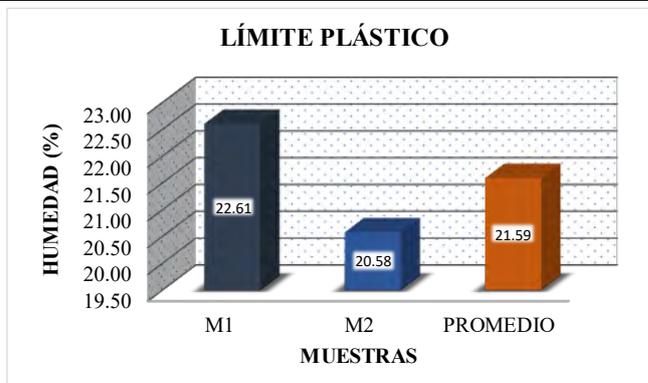
LÍMITE LÍQUIDO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS			
N° de cápsula :	M1	M2	M3	M4
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	69.64	68.25	64.22	70.67
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	68.26	67.13	63.18	69.22
Peso de la cápsula (g):	61.64	61.89	58.62	63.18
Peso de la muestra seca (g):	6.62	5.24	4.56	6.04
Peso del agua (g):	1.38	1.12	1.05	1.45
Contenido de humedad (%):	20.85	21.37	22.94	24.01
N° de golpes:	35	29	23	18
Límite líquido (%) :	22.38			



LÍMITE PLÁSTICO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS	
N° de cápsula :	M1	M2
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	22.43	22.88
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	22.34	22.70
Peso de la cápsula (g):	21.95	21.84
Peso de la muestra seca (g):	0.39	0.86
Peso del agua (g):	0.09	0.18
Contenido de humedad (%):	22.61	20.58
Límite plástico (%) :	21.59	



Límite líquido (%) :	22.38
Límite plástico (%) :	21.59
Índice de plasticidad(%) :	0.79

Resultado del ensayo de Límites de Atterberg del tratamiento T3-01



“INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024”



LÍMITES DE CONSISTENCIA

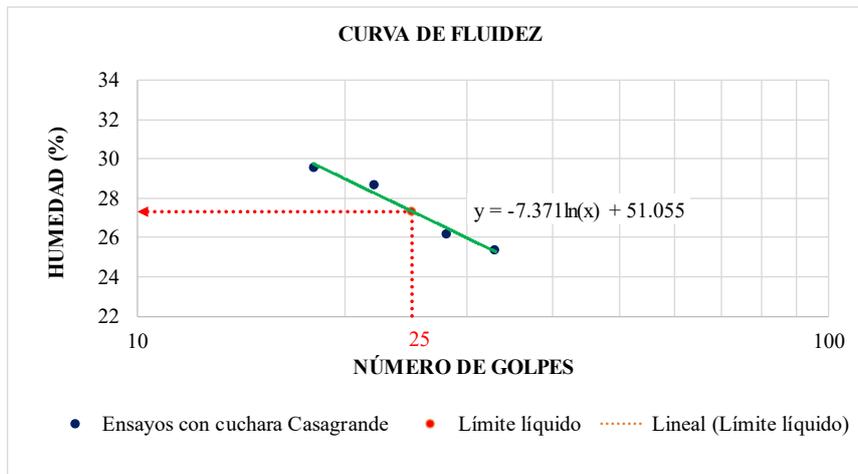
MTC E 110 y MTC E 111, AASHTO T89-68 y T90-70, y ASTM D4318

DATOS GENERALES

Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.01 %
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.01 %
Repetición: 1	Adición de cemento IP: 0.50 %

LÍMITE LÍQUIDO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS			
N° de cápsula :	M1	M2	M3	M4
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	22.99	25.05	22.47	23.48
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	21.49	23.28	20.98	21.80
Peso de la cápsula (g):	15.58	16.52	15.78	16.12
Peso de la muestra seca (g):	5.91	6.76	5.20	5.68
Peso del agua (g):	1.50	1.77	1.49	1.68
Contenido de humedad (%):	25.38	26.18	28.65	29.58
N° de golpes:	33	28	22	18
Límite líquido (%) :	27.33			



LÍMITE PLÁSTICO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS	
N° de cápsula :	M1	M2
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	16.31	16.30
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	16.20	16.18
Peso de la cápsula (g):	15.80	15.64
Peso de la muestra seca (g):	0.40	0.54
Peso del agua (g):	0.11	0.12
Contenido de humedad (%):	27.34	21.21
Límite plástico (%) :	24.28	



Límite líquido (%) :	27.33
Límite plástico (%) :	24.28
Índice de plasticidad(%) :	3.05

Resultado del ensayo de Límites de Atterberg del tratamiento T3-02



“INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024”



LÍMITES DE CONSISTENCIA

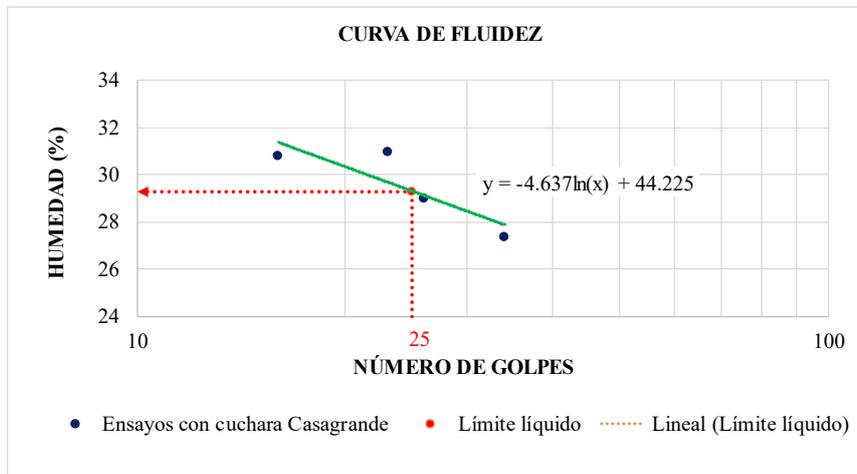
MTC E 110 y MTC E 111, AASHTO T89-68 y T90-70, y ASTM D4318

DATOS GENERALES

Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.01 %
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.01 %
Repetición: 2	Adición de cemento IP: 0.50 %

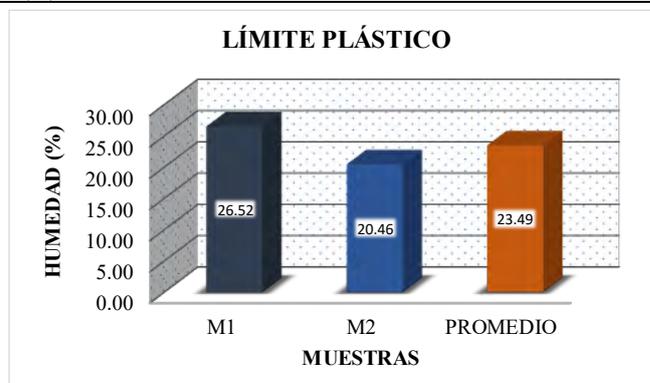
LÍMITE LÍQUIDO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS			
N° de cápsula :	M1	M2	M3	M4
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	66.18	67.49	70.86	66.88
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	63.98	64.79	68.27	64.44
Peso de la cápsula (g):	55.94	55.47	59.90	56.51
Peso de la muestra seca (g):	8.04	9.32	8.37	7.93
Peso del agua (g):	2.20	2.70	2.59	2.44
Contenido de humedad (%):	27.36	28.97	30.94	30.77
N° de golpes:	34	26	23	16
Límite líquido (%) :	29.30			



LÍMITE PLÁSTICO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS	
N° de cápsula :	M1	M2
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	20.90	20.87
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	20.55	20.66
Peso de la cápsula (g):	19.23	19.61
Peso de la muestra seca (g):	1.32	1.05
Peso del agua (g):	0.35	0.21
Contenido de humedad (%):	26.52	20.46
Límite plástico (%) :	23.49	



Límite líquido (%) :	29.30
Límite plástico (%) :	23.49
Índice de plasticidad(%) :	5.81

Resultado del ensayo de Límites de Atterberg del tratamiento T3-03



“INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024”



LÍMITES DE CONSISTENCIA

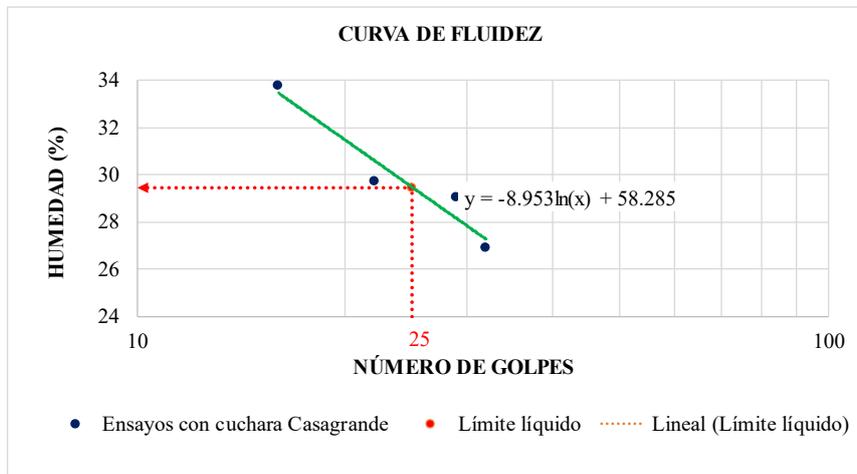
MTC E 110 y MTC E 111, AASHTO T89-68 y T90-70, y ASTM D4318

DATOS GENERALES

Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.01 %
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.01 %
Repetición: 3	Adición de cemento IP: 0.50 %

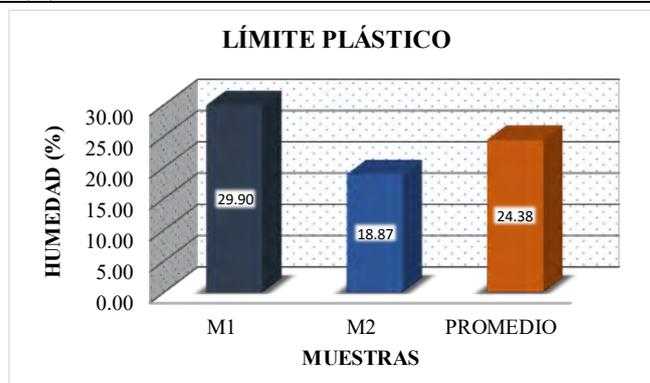
LÍMITE LÍQUIDO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS			
N° de cápsula :	M1	M2	M3	M4
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	70.42	71.73	75.10	71.12
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	68.25	69.03	72.59	68.50
Peso de la cápsula (g):	60.18	59.73	64.15	60.75
Peso de la muestra seca (g):	8.07	9.30	8.44	7.75
Peso del agua (g):	2.17	2.70	2.51	2.62
Contenido de humedad (%):	26.89	29.03	29.74	33.81
N° de golpes:	32	29	22	16
Límite líquido (%) :	29.47			



LÍMITE PLÁSTICO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS	
N° de cápsula :	M1	M2
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	25.14	25.11
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	24.76	24.91
Peso de la cápsula (g):	23.47	23.85
Peso de la muestra seca (g):	1.29	1.06
Peso del agua (g):	0.38	0.20
Contenido de humedad (%):	29.90	18.87
Límite plástico (%) :	24.38	



Límite líquido (%) :	29.47
Límite plástico (%) :	24.38
Índice de plasticidad(%) :	5.08

Resultado del ensayo de Límites de Atterberg del tratamiento T4-01



“INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024”



LÍMITES DE CONSISTENCIA

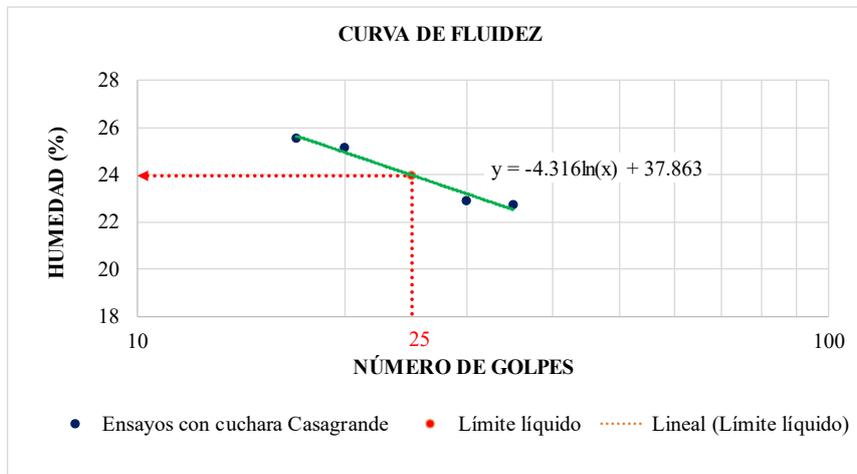
MTC E 110 y MTC E 111, AASHTO T89-68 y T90-70, y ASTM D4318

DATOS GENERALES

Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.03 %
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.01 %
Repetición: 1	Adición de cemento IP: 1.50 %

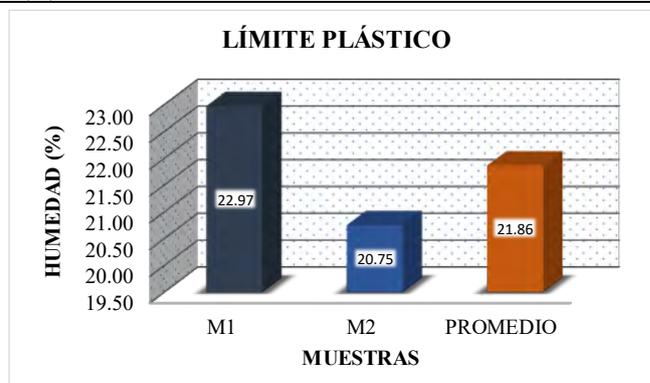
LÍMITE LÍQUIDO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS			
N° de cápsula :	M1	M2	M3	M4
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	62.08	58.95	60.94	63.42
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	61.07	58.01	59.72	62.51
Peso de la cápsula (g):	56.63	53.90	54.88	58.94
Peso de la muestra seca (g):	4.44	4.11	4.84	3.57
Peso del agua (g):	1.01	0.94	1.22	0.91
Contenido de humedad (%):	22.69	22.90	25.15	25.53
N° de golpes:	35	30	20	17
Límite líquido (%) :	23.97			



LÍMITE PLÁSTICO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS	
N° de cápsula :	M1	M2
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	22.62	22.46
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	22.45	22.28
Peso de la cápsula (g):	21.71	21.43
Peso de la muestra seca (g):	0.74	0.85
Peso del agua (g):	0.17	0.18
Contenido de humedad (%):	22.97	20.75
Límite plástico (%) :	21.86	



Límite líquido (%) :	23.97
Límite plástico (%) :	21.86
Índice de plasticidad(%) :	2.11

Resultado del ensayo de Límites de Atterberg del tratamiento T4-02



“INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024”



LÍMITES DE CONSISTENCIA

MTC E 110 y MTC E 111, AASHTO T89-68 y T90-70, y ASTM D4318

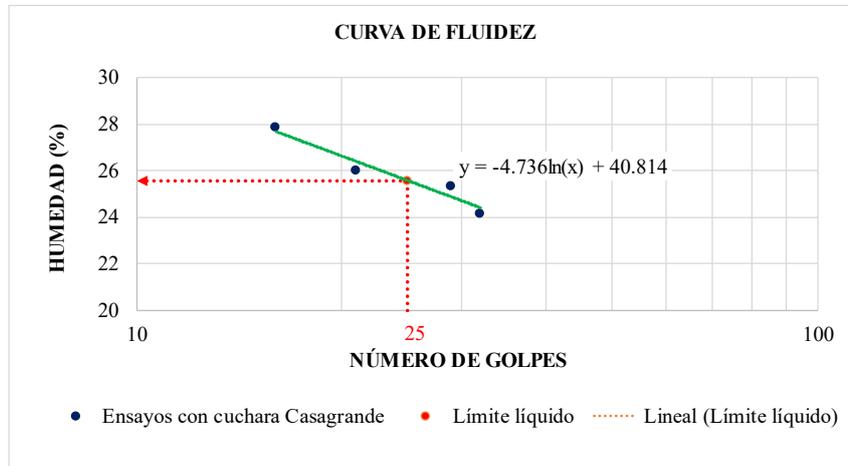
DATOS GENERALES

Calicata: C-5
 Tipo de suelo: A-4 (1)
 Repetición: 2

Adición de Proes: 0.03 %
 Adición de Con-Aid: 0.01 %
 Adición de cemento IP: 1.50 %

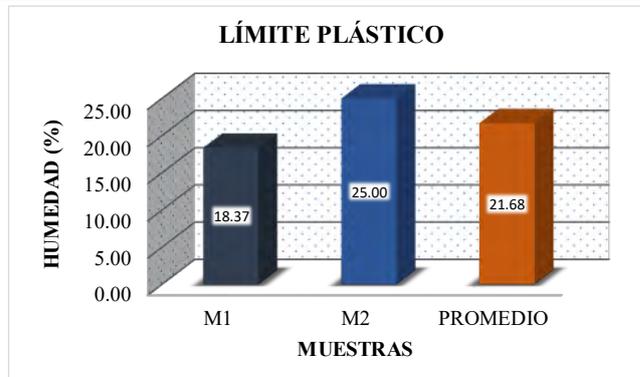
LÍMITE LÍQUIDO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS			
N° de cápsula :	M1	M2	M3	M4
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	22.56	25.72	25.23	25.58
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	21.62	24.29	23.71	23.94
Peso de la cápsula (g):	17.73	18.64	17.87	18.05
Peso de la muestra seca (g):	3.89	5.65	5.84	5.89
Peso del agua (g):	0.94	1.43	1.52	1.64
Contenido de humedad (%):	24.16	25.31	26.03	27.84
N° de golpes:	32	29	21	16
Límite líquido (%) :	25.57			



LÍMITE PLÁSTICO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS	
N° de cápsula :	M1	M2
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	22.19	22.24
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	22.15	22.15
Peso de la cápsula (g):	21.90	21.81
Peso de la muestra seca (g):	0.25	0.34
Peso del agua (g):	0.05	0.09
Contenido de humedad (%):	18.37	25.00
Límite plástico (%) :	21.68	



Límite líquido (%) :	25.57
Límite plástico (%) :	21.68
Índice de plasticidad(%) :	3.89

Resultado del ensayo de Límites de Atterberg del tratamiento T4-03



“INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024”



LÍMITES DE CONSISTENCIA

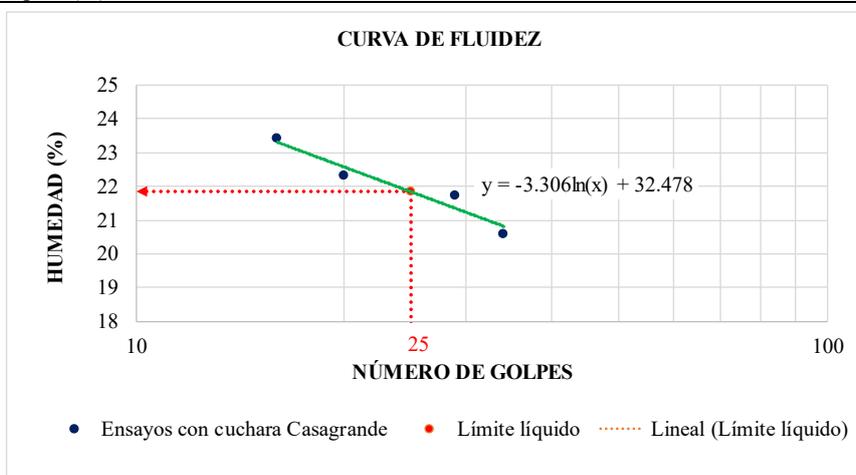
MTC E 110 y MTC E 111, AASHTO T89-68 y T90-70, y ASTM D4318

DATOS GENERALES

Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.03 %
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.01 %
Repetición: 3	Adición de cemento IP: 1.50 %

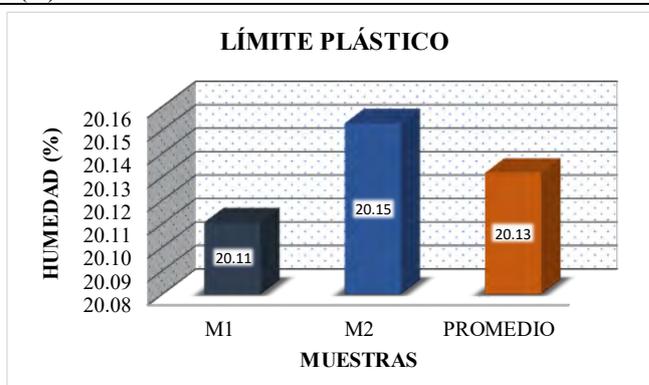
LÍMITE LÍQUIDO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS			
N° de cápsula :	M1	M2	M3	M4
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	22.81	20.47	19.83	39.55
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	21.61	18.98	18.31	38.08
Peso de la cápsula (g):	15.76	12.11	11.50	31.79
Peso de la muestra seca (g):	5.85	6.87	6.81	6.29
Peso del agua (g):	1.20	1.49	1.52	1.47
Contenido de humedad (%):	20.60	21.72	22.32	23.41
N° de golpes:	34	29	20	16
Límite líquido (%) :	21.84			



LÍMITE PLÁSTICO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS	
N° de cápsula :	M1	M2
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	22.40	22.56
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	22.08	22.34
Peso de la cápsula (g):	20.49	21.24
Peso de la muestra seca (g):	1.59	1.10
Peso del agua (g):	0.32	0.22
Contenido de humedad (%):	20.11	20.15
Límite plástico (%) :	20.13	



Límite líquido (%) :	21.84
Límite plástico (%) :	20.13
Índice de plasticidad(%) :	1.70

Resultado del ensayo de Límites de Atterberg del tratamiento T5-01



“INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024”



LÍMITES DE CONSISTENCIA

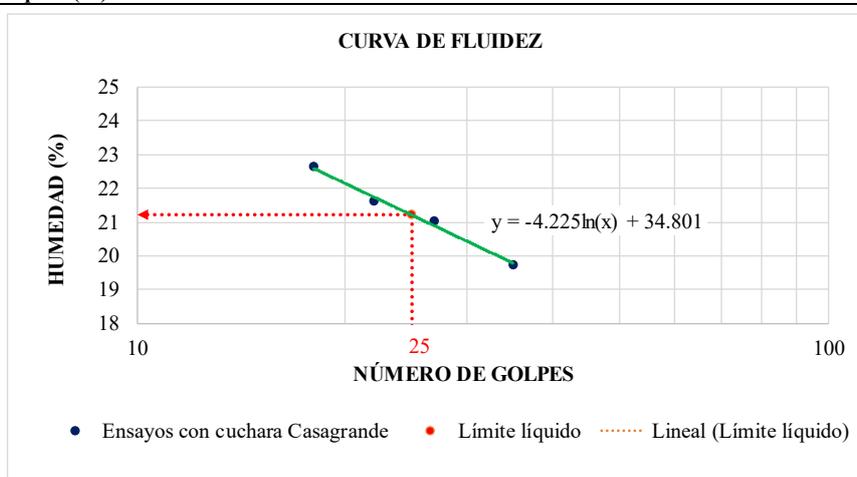
MTC E 110 y MTC E 111, AASHTO T89-68 y T90-70, y ASTM D4318

DATOS GENERALES

Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.03 %
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.03 %
Repetición: 1	Adición de cemento IP: 0.50 %

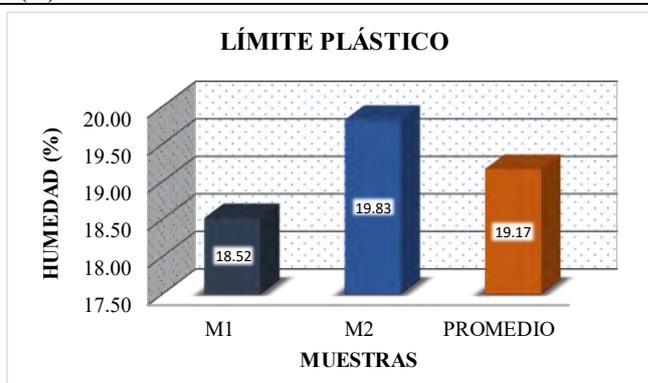
LÍMITE LÍQUIDO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS			
N° de cápsula :	M1	M2	M3	M4
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	22.69	20.35	19.71	39.43
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	21.53	18.90	18.23	38.00
Peso de la cápsula (g):	15.64	11.99	11.38	31.67
Peso de la muestra seca (g):	5.89	6.91	6.85	6.33
Peso del agua (g):	1.16	1.45	1.48	1.43
Contenido de humedad (%):	19.74	21.02	21.61	22.63
N° de golpes:	35	27	22	18
Límite líquido (%) :	21.20			



LÍMITE PLÁSTICO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS	
N° de cápsula :	M1	M2
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	33.54	12.39
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	33.24	12.17
Peso de la cápsula (g):	31.63	11.07
Peso de la muestra seca (g):	1.61	1.10
Peso del agua (g):	0.30	0.22
Contenido de humedad (%):	18.52	19.83
Límite plástico (%) :	19.17	



Límite líquido (%) :	21.20
Límite plástico (%) :	19.17
Índice de plasticidad(%) :	2.03

Resultado del ensayo de Límites de Atterberg del tratamiento T5-02



“INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024”



LÍMITES DE CONSISTENCIA

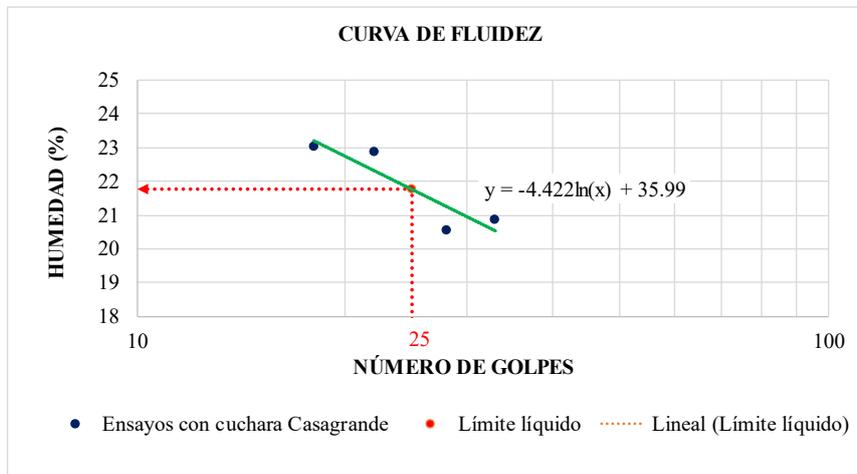
MTC E 110 y MTC E 111, AASHTO T89-68 y T90-70, y ASTM D4318

DATOS GENERALES

Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.03 %
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.03 %
Repetición: 2	Adición de cemento IP: 0.50 %

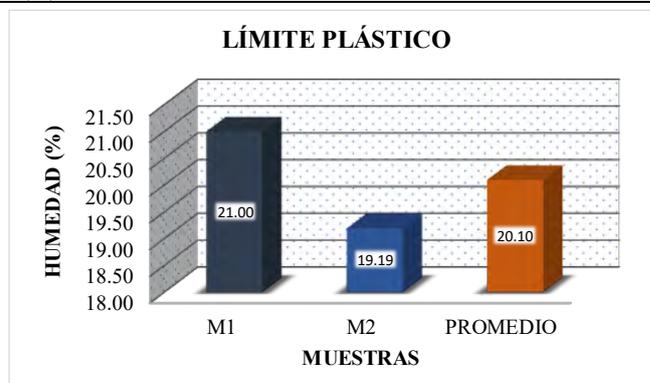
LÍMITE LÍQUIDO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS			
N° de cápsula :	M1	M2	M3	M4
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	24.95	24.23	39.76	20.32
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	23.71	22.45	38.65	19.04
Peso de la cápsula (g):	17.74	13.79	33.81	13.48
Peso de la muestra seca (g):	5.97	8.66	4.84	5.56
Peso del agua (g):	1.24	1.78	1.11	1.28
Contenido de humedad (%):	20.85	20.55	22.88	23.02
N° de golpes:	33	28	22	18
Límite líquido (%) :	21.76			



LÍMITE PLÁSTICO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS	
N° de cápsula :	M1	M2
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	29.97	9.64
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	29.89	9.53
Peso de la cápsula (g):	29.52	8.95
Peso de la muestra seca (g):	0.37	0.58
Peso del agua (g):	0.08	0.11
Contenido de humedad (%):	21.00	19.19
Límite plástico (%) :	20.10	



Límite líquido (%) :	21.76
Límite plástico (%) :	20.10
Índice de plasticidad(%) :	1.66

Resultado del ensayo de Límites de Atterberg del tratamiento T5-03



“INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024”



LÍMITES DE CONSISTENCIA

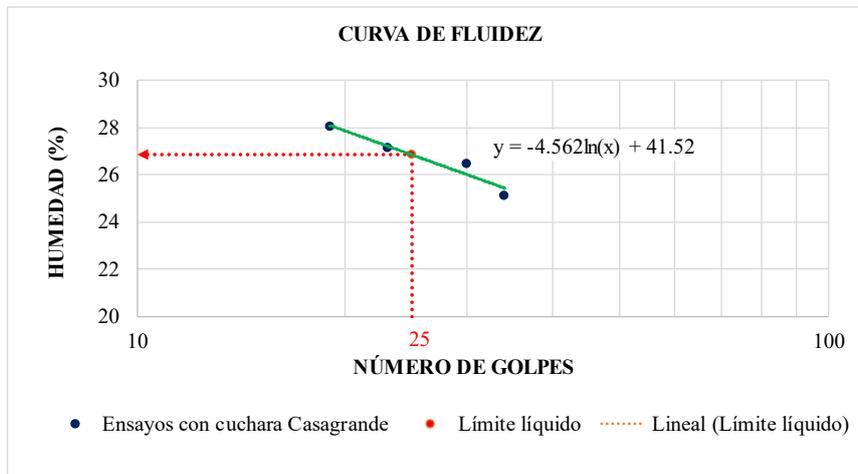
MTC E 110 y MTC E 111, AASHTO T89-68 y T90-70, y ASTM D4318

DATOS GENERALES

Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.03 %
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.03 %
Repetición: 3	Adición de cemento IP: 0.50 %

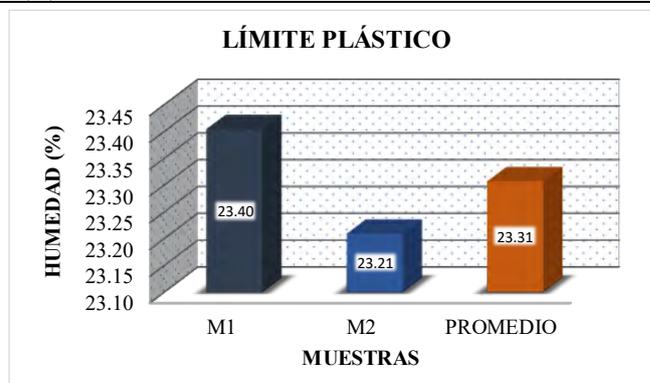
LÍMITE LÍQUIDO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS			
N° de cápsula :	M1	M2	M3	M4
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	23.26	26.42	25.93	26.28
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	22.29	24.94	24.36	24.63
Peso de la cápsula (g):	18.43	19.34	18.57	18.75
Peso de la muestra seca (g):	3.86	5.60	5.79	5.88
Peso del agua (g):	0.97	1.48	1.57	1.65
Contenido de humedad (%):	25.13	26.43	27.12	28.06
N° de golpes:	34	30	23	19
Límite líquido (%) :	26.83			



LÍMITE PLÁSTICO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS	
N° de cápsula :	M1	M2
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	23.20	23.25
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	23.15	23.17
Peso de la cápsula (g):	22.91	22.82
Peso de la muestra seca (g):	0.23	0.35
Peso del agua (g):	0.05	0.08
Contenido de humedad (%):	23.40	23.21
Límite plástico (%) :	23.31	



Límite líquido (%) :	26.83
Límite plástico (%) :	23.31
Índice de plasticidad(%) :	3.53

Resultado del ensayo de Límites de Atterberg del tratamiento T6-01



“INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024”



LÍMITES DE CONSISTENCIA

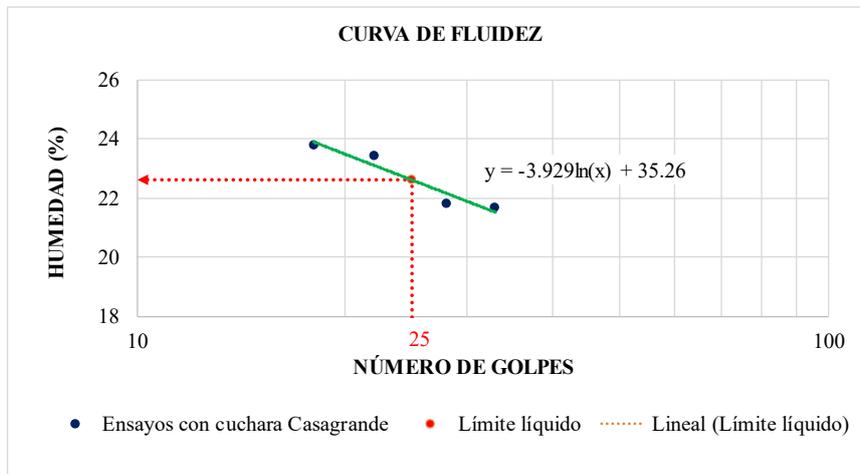
MTC E 110 y MTC E 111, AASHTO T89-68 y T90-70, y ASTM D4318

DATOS GENERALES

Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.01 %
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.03 %
Repetición: 1	Adición de cemento IP: 1.50 %

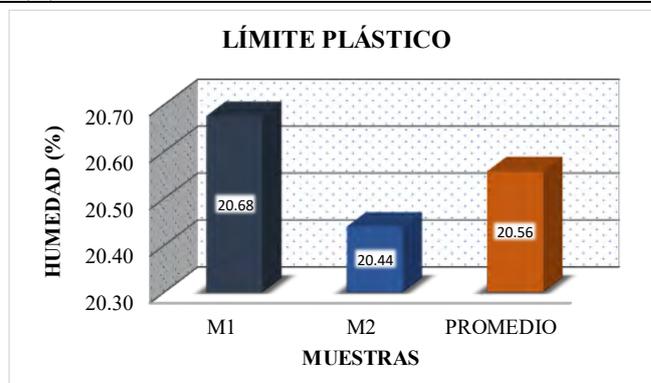
LÍMITE LÍQUIDO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS			
N° de cápsula :	M1	M2	M3	M4
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	22.83	22.11	37.64	18.20
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	21.55	20.24	36.51	16.89
Peso de la cápsula (g):	15.62	11.67	31.69	11.36
Peso de la muestra seca (g):	5.93	8.57	4.82	5.53
Peso del agua (g):	1.28	1.87	1.13	1.31
Contenido de humedad (%):	21.67	21.82	23.44	23.78
N° de golpes:	33	28	22	18
Límite líquido (%) :	22.61			



LÍMITE PLÁSTICO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS	
N° de cápsula :	M1	M2
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	32.09	11.76
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	32.01	11.64
Peso de la cápsula (g):	31.64	11.07
Peso de la muestra seca (g):	0.37	0.57
Peso del agua (g):	0.08	0.12
Contenido de humedad (%):	20.68	20.44
Límite plástico (%) :	20.56	



Límite líquido (%) :	22.61
Límite plástico (%) :	20.56
Índice de plasticidad(%) :	2.06

Resultado del ensayo de Límites de Atterberg del tratamiento T6-02



“INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024”



LÍMITES DE CONSISTENCIA

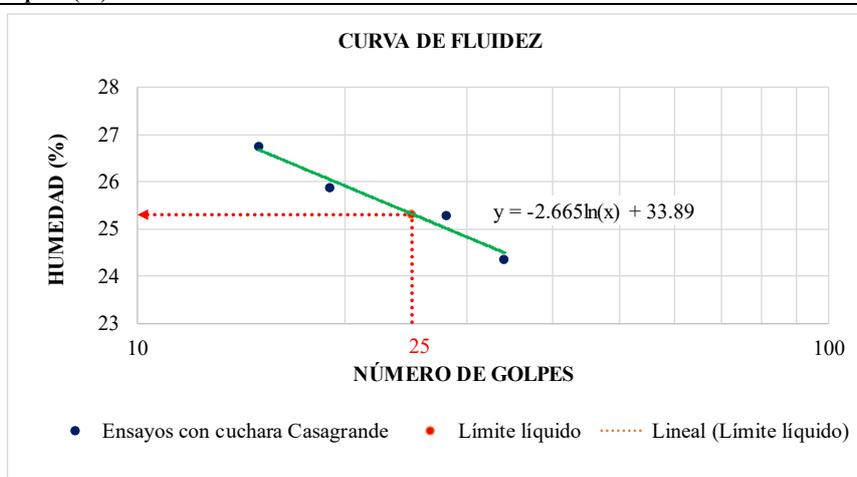
MTC E 110 y MTC E 111, AASHTO T89-68 y T90-70, y ASTM D4318

DATOS GENERALES

Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.01 %
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.03 %
Repetición: 2	Adición de cemento IP: 1.50 %

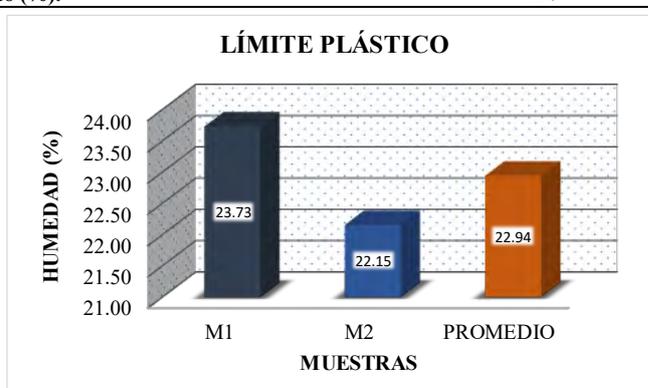
LÍMITE LÍQUIDO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS			
N° de cápsula :	M1	M2	M3	M4
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	27.58	30.88	27.39	26.92
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	25.92	28.60	25.79	25.38
Peso de la cápsula (g):	19.10	19.58	19.58	19.62
Peso de la muestra seca (g):	6.82	9.02	6.21	5.76
Peso del agua (g):	1.66	2.28	1.61	1.54
Contenido de humedad (%):	24.34	25.28	25.87	26.74
N° de golpes:	34	28	19	15
Límite líquido (%) :	25.31			



LÍMITE PLÁSTICO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS	
N° de cápsula :	M1	M2
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	22.05	19.05
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	21.83	18.81
Peso de la cápsula (g):	20.88	17.73
Peso de la muestra seca (g):	0.95	1.08
Peso del agua (g):	0.22	0.24
Contenido de humedad (%):	23.73	22.15
Límite plástico (%) :	22.94	



Límite líquido (%) :	25.31
Límite plástico (%) :	22.94
Índice de plasticidad(%) :	2.37

Resultado del ensayo de Límites de Atterberg del tratamiento T6-03



“INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024”



LÍMITES DE CONSISTENCIA

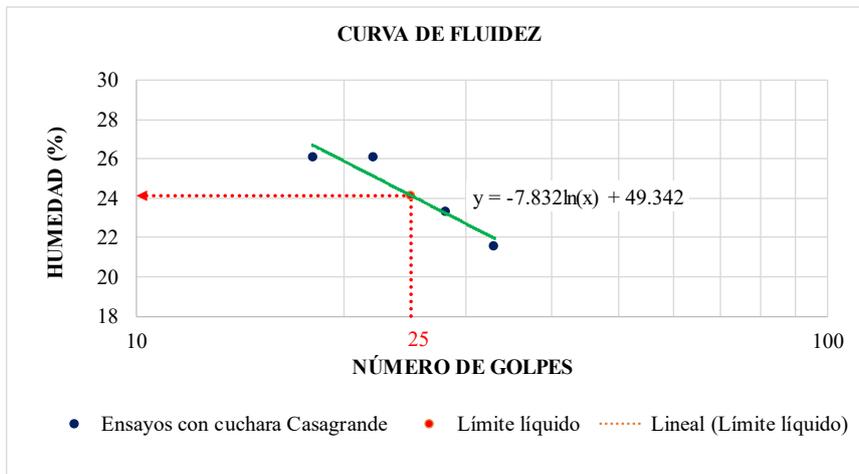
MTC E 110 y MTC E 111, AASHTO T89-68 y T90-70, y ASTM D4318

DATOS GENERALES

Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.01 %
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.03 %
Repetición: 3	Adición de cemento IP: 1.50 %

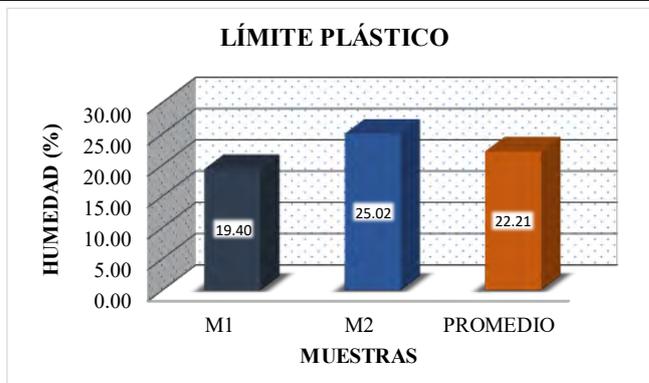
LÍMITE LÍQUIDO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS			
N° de cápsula :	M1	M2	M3	M4
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	22.97	22.25	37.78	18.34
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	21.69	20.28	36.55	16.93
Peso de la cápsula (g):	15.76	11.81	31.83	11.50
Peso de la muestra seca (g):	5.93	8.47	4.72	5.43
Peso del agua (g):	1.28	1.98	1.23	1.41
Contenido de humedad (%):	21.59	23.33	26.06	26.06
N° de golpes:	33	28	22	18
Límite líquido (%) :	24.13			



LÍMITE PLÁSTICO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS	
N° de cápsula :	M1	M2
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	34.21	13.88
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	34.14	13.74
Peso de la cápsula (g):	33.76	13.19
Peso de la muestra seca (g):	0.38	0.55
Peso del agua (g):	0.07	0.14
Contenido de humedad (%):	19.40	25.02
Límite plástico (%) :	22.21	



Límite líquido (%) :	24.13
Límite plástico (%) :	22.21
Índice de plasticidad(%) :	1.92

Resultado del ensayo de Límites de Atterberg del tratamiento T7-01



“INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024”



LÍMITES DE CONSISTENCIA

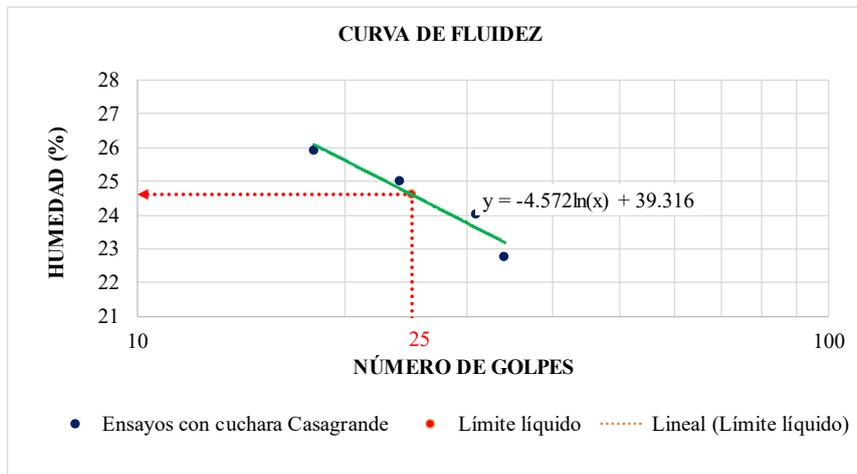
MTC E 110 y MTC E 111, AASHTO T89-68 y T90-70, y ASTM D4318

DATOS GENERALES

Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.03 %
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.01 %
Repetición: 1	Adición de cemento IP: 0.50 %

LÍMITE LÍQUIDO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS			
N° de cápsula :	M1	M2	M3	M4
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	65.51	64.76	67.56	69.79
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	63.96	63.31	66.05	68.46
Peso de la cápsula (g):	57.15	57.27	60.01	63.33
Peso de la muestra seca (g):	6.81	6.04	6.04	5.13
Peso del agua (g):	1.55	1.45	1.51	1.33
Contenido de humedad (%):	22.76	24.01	25.00	25.93
N° de golpes:	34	31	24	18
Límite líquido (%) :	24.60			



LÍMITE PLÁSTICO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS	
N° de cápsula :	M1	M2
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	21.86	22.32
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	21.80	22.23
Peso de la cápsula (g):	21.60	21.64
Peso de la muestra seca (g):	0.20	0.59
Peso del agua (g):	0.06	0.09
Contenido de humedad (%):	28.71	15.25
Límite plástico (%) :	21.98	



Límite líquido (%) :	24.60
Límite plástico (%) :	21.98
Índice de plasticidad(%) :	2.61

Resultado del ensayo de Límites de Atterberg del tratamiento T7-02



“INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024”



LÍMITES DE CONSISTENCIA

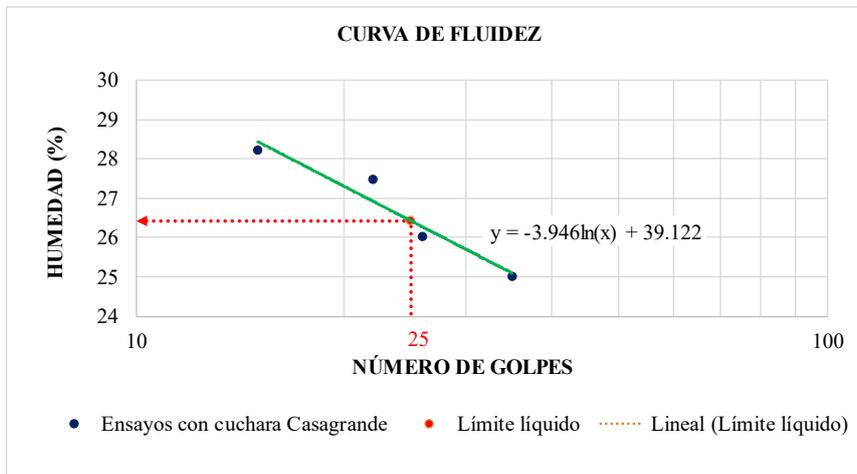
MTC E 110 y MTC E 111, AASHTO T89-68 y T90-70, y ASTM D4318

DATOS GENERALES

Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.03 %
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.01 %
Repetición: 2	Adición de cemento IP: 0.50 %

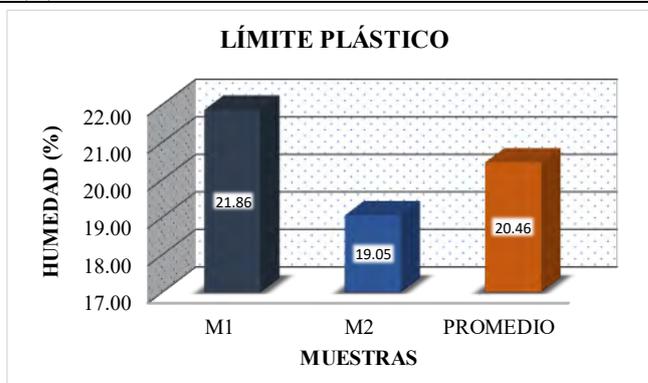
LÍMITE LÍQUIDO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS			
N° de cápsula :	M1	M2	M3	M4
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	68.86	67.80	61.95	64.61
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	66.44	65.51	60.37	62.33
Peso de la cápsula (g):	56.76	56.71	54.62	54.25
Peso de la muestra seca (g):	9.68	8.80	5.75	8.08
Peso del agua (g):	2.42	2.29	1.58	2.28
Contenido de humedad (%):	25.00	26.02	27.48	28.22
N° de golpes:	35	26	22	15
Límite líquido (%) :	26.42			



LÍMITE PLÁSTICO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS	
N° de cápsula :	M1	M2
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	20.72	20.14
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	20.60	19.96
Peso de la cápsula (g):	20.04	19.04
Peso de la muestra seca (g):	0.56	0.92
Peso del agua (g):	0.12	0.18
Contenido de humedad (%):	21.86	19.05
Límite plástico (%) :	20.46	



Límite líquido (%) :	26.42
Límite plástico (%) :	20.46
Índice de plasticidad(%) :	5.96

Resultado del ensayo de Límites de Atterberg del tratamiento T7-03



“INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024”



LÍMITES DE CONSISTENCIA

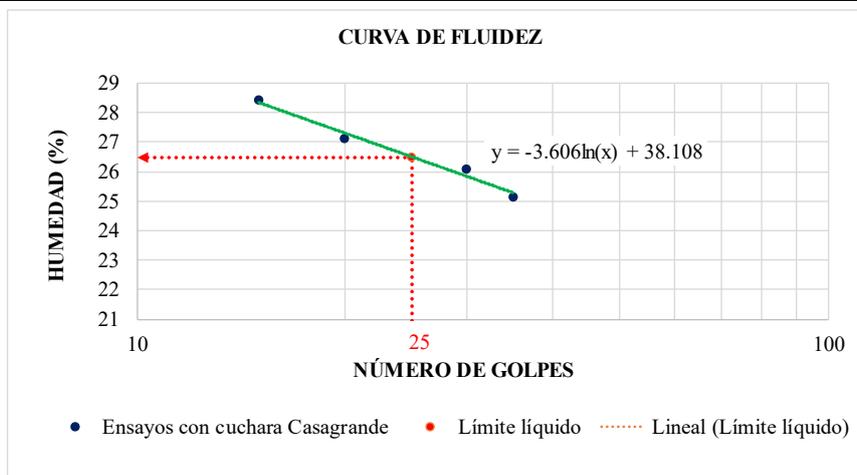
MTC E 110 y MTC E 111, AASHTO T89-68 y T90-70, y ASTM D4318

DATOS GENERALES

Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.03 %
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.01 %
Repetición: 3	Adición de cemento IP: 0.50 %

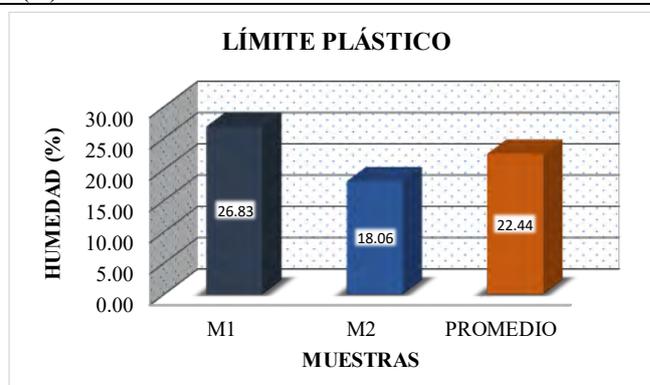
LÍMITE LÍQUIDO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS			
N° de cápsula :	M1	M2	M3	M4
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	67.64	66.89	69.69	71.92
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	65.96	65.34	68.08	70.49
Peso de la cápsula (g):	59.28	59.40	62.14	65.46
Peso de la muestra seca (g):	6.68	5.94	5.94	5.03
Peso del agua (g):	1.68	1.55	1.61	1.43
Contenido de humedad (%):	25.15	26.09	27.10	28.43
N° de golpes:	35	30	20	15
Límite líquido (%) :	26.50			



LÍMITE PLÁSTICO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS	
N° de cápsula :	M1	M2
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	22.99	23.45
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	22.94	23.35
Peso de la cápsula (g):	22.73	22.77
Peso de la muestra seca (g):	0.20	0.58
Peso del agua (g):	0.05	0.10
Contenido de humedad (%):	26.83	18.06
Límite plástico (%) :	22.44	



Límite líquido (%) :	26.50
Límite plástico (%) :	22.44
Índice de plasticidad(%) :	4.06

Resultado del ensayo de Límites de Atterberg del tratamiento T8-01



“INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024”



LÍMITES DE CONSISTENCIA

MTC E 110 y MTC E 111, AASHTO T89-68 y T90-70, y ASTM D4318

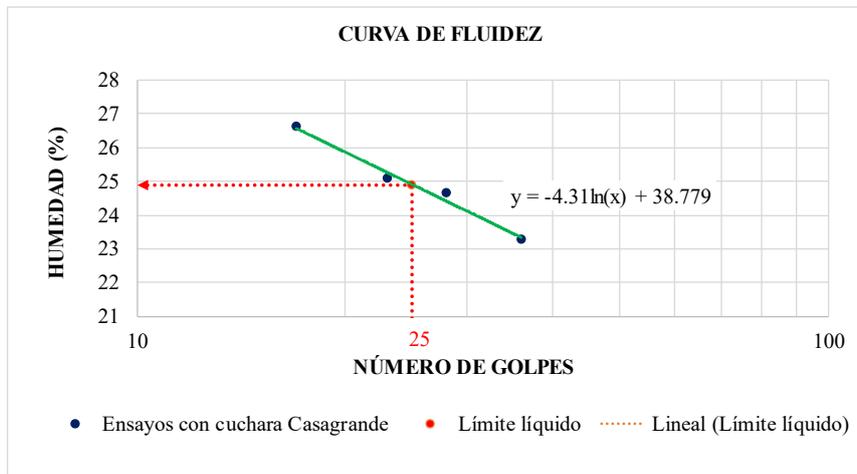
DATOS GENERALES

Calicata: C-5
Tipo de suelo: A-4 (1)
Repetición: 1

Adición de Proes: 0.01 %
Adición de Con-Aid: 0.01 %
Adición de cemento IP: 1.50 %

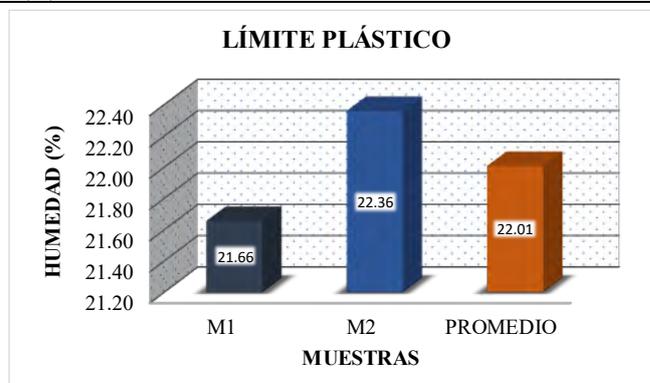
LÍMITE LÍQUIDO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS			
N° de cápsula :	M1	M2	M3	M4
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	66.76	71.75	65.13	68.83
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	65.29	70.02	63.42	67.38
Peso de la cápsula (g):	58.97	63.00	56.60	61.93
Peso de la muestra seca (g):	6.32	7.02	6.82	5.45
Peso del agua (g):	1.47	1.73	1.71	1.45
Contenido de humedad (%):	23.26	24.64	25.07	26.61
N° de golpes:	36	28	23	17
Límite líquido (%) :	24.91			



LÍMITE PLÁSTICO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS	
N° de cápsula :	M1	M2
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	23.04	23.58
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	22.70	23.22
Peso de la cápsula (g):	21.13	21.61
Peso de la muestra seca (g):	1.57	1.61
Peso del agua (g):	0.34	0.36
Contenido de humedad (%):	21.66	22.36
Límite plástico (%) :	22.01	



Límite líquido (%) :	24.91
Límite plástico (%) :	22.01
Índice de plasticidad(%) :	2.90

Resultado del ensayo de Límites de Atterberg del tratamiento T8-02



“INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024”



LÍMITES DE CONSISTENCIA

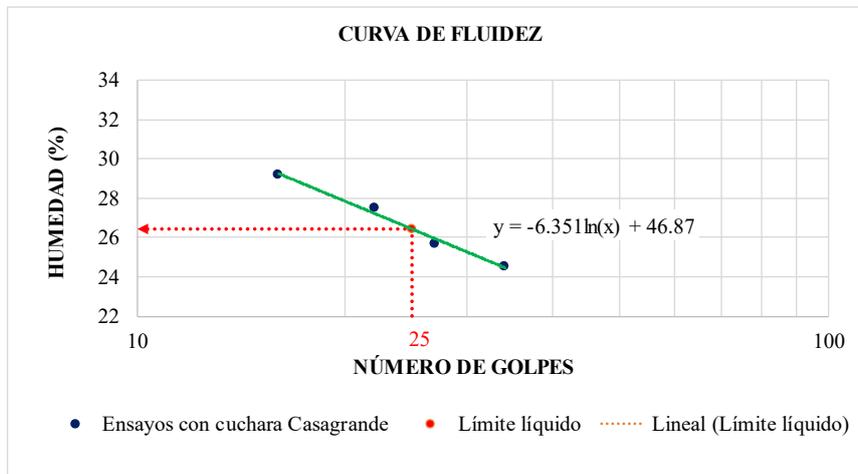
MTC E 110 y MTC E 111, AASHTO T89-68 y T90-70, y ASTM D4318

DATOS GENERALES

Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.01 %
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.01 %
Repetición: 2	Adición de cemento IP: 1.50 %

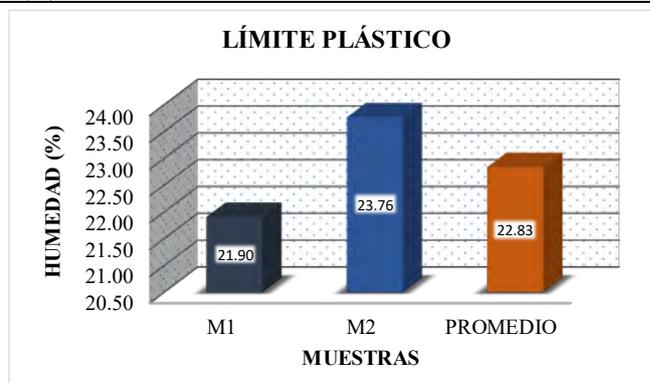
LÍMITE LÍQUIDO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS			
N° de cápsula :	M1	M2	M3	M4
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	28.09	22.22	29.36	28.39
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	26.49	21.09	27.52	26.56
Peso de la cápsula (g):	19.97	16.69	20.83	20.29
Peso de la muestra seca (g):	6.52	4.40	6.69	6.27
Peso del agua (g):	1.60	1.13	1.84	1.83
Contenido de humedad (%):	24.54	25.68	27.50	29.19
N° de golpes:	34	27	22	16
Límite líquido (%) :	26.43			



LÍMITE PLÁSTICO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS	
N° de cápsula :	M1	M2
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	22.83	23.26
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	22.72	23.21
Peso de la cápsula (g):	22.19	23.01
Peso de la muestra seca (g):	0.53	0.20
Peso del agua (g):	0.11	0.05
Contenido de humedad (%):	21.90	23.76
Límite plástico (%) :	22.83	



Límite líquido (%) :	26.43
Límite plástico (%) :	22.83
Índice de plasticidad(%) :	3.59

Resultado del ensayo de Límites de Atterberg del tratamiento T8-03



“INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024”



LÍMITES DE CONSISTENCIA

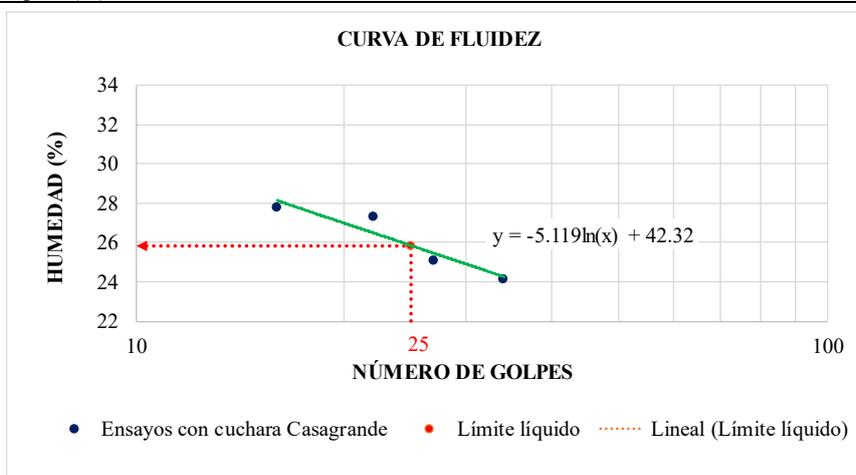
MTC E 110 y MTC E 111, AASHTO T89-68 y T90-70, y ASTM D4318

DATOS GENERALES

Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.01 %
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.01 %
Repetición: 3	Adición de cemento IP: 1.50 %

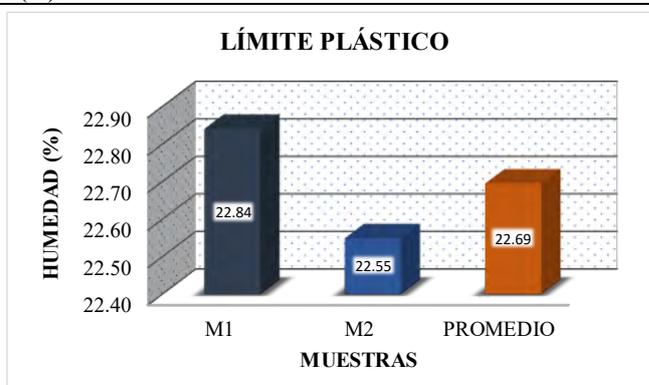
LÍMITE LÍQUIDO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS			
N° de cápsula :	M1	M2	M3	M4
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	27.10	21.23	28.37	27.40
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	25.52	20.12	26.54	25.64
Peso de la cápsula (g):	18.98	15.70	19.84	19.30
Peso de la muestra seca (g):	6.54	4.42	6.70	6.34
Peso del agua (g):	1.58	1.11	1.83	1.76
Contenido de humedad (%):	24.16	25.11	27.31	27.76
N° de golpes:	34	27	22	16
Límite líquido (%) :	25.84			



LÍMITE PLÁSTICO

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS	
N° de cápsula :	M1	M2
Peso de la muestra húmeda + Peso de la cápsula (g):	23.93	24.36
Peso de la muestra seca + Peso de la cápsula (g):	23.81	24.31
Peso de la cápsula (g):	23.29	24.11
Peso de la muestra seca (g):	0.52	0.20
Peso del agua (g):	0.12	0.05
Contenido de humedad (%):	22.84	22.55
Límite plástico (%) :	22.69	



Límite líquido (%) :	25.84
Límite plástico (%) :	22.69
Índice de plasticidad(%) :	3.15

Anexo C: Resultados del ensayo de Proctor modificado con tratamientos individuales y combinadas

Resultado del ensayo de Proctor modificado del tratamiento T0-01



“INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024”



PROCTOR MODIFICADO

MTC E 115, AASHTO T180-70 y ASTM D1557-70

DATOS GENERALES

Calicata: C-5
 Tipo de suelo: A-4 (1)
 Repetición: 1

Adición de Proes: 0.00 %
 Adición de Con-Aid: 0.00 %
 Adición de cemento IP: 0.00 %

DATOS DEL ENSAYO

Método: A Diámetro del molde: 10.10 cm Altura de caída del martillo: 30.03 cm
 Golpe/capa: 25 Altura del molde: 11.50 cm Peso del martillo: 3.67 Kg
 N° de capas: 5 Volumen del molde: 921.36 cm³

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD

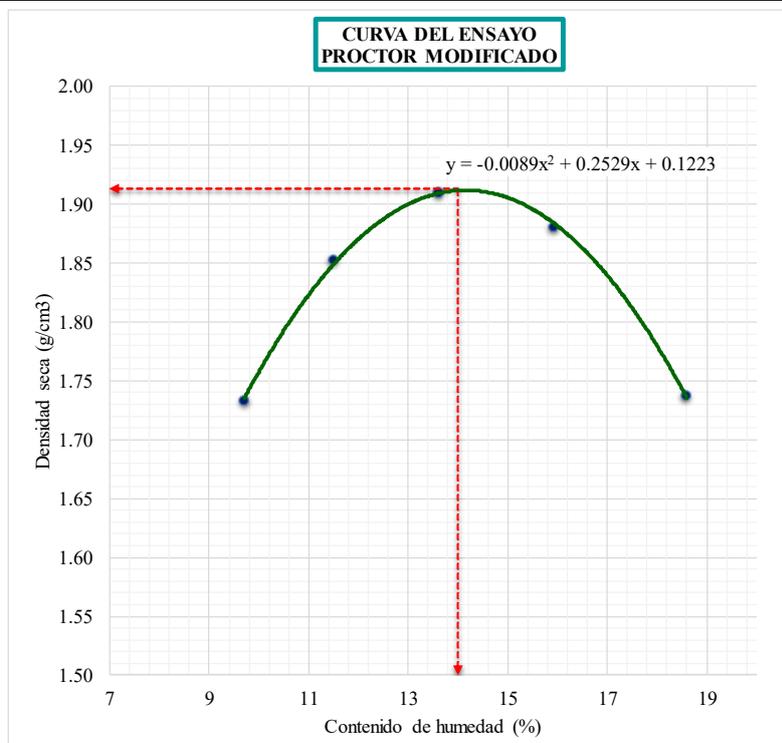
Muestra N°:	01	02	03	04	05
Peso del molde (g):	2022.63	2022.63	2022.63	2022.63	2022.63
Muestra compactada + Peso del molde (g):	3775.03	3925.96	4022.18	4031.48	3920.68
Peso de muestra compactada (g):	1752.40	1903.33	1999.55	2008.85	1898.05
Densidad húmeda (g/cm ³):	1.90	2.07	2.17	2.18	2.06

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Muestra N°:	01		02		03		04		05	
	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
Peso de cápsula (g):	60.62	58.46	59.6	58.12	60.86	56.76	57.97	57.74	62.35	64.88
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	142.84	125.19	109.30	105.89	122.15	115.7	132.05	113.1	87.9	103.75
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	135.68	119.19	104.21	100.92	114.85	108.59	121.91	105.46	84.01	97.48
Peso del agua (g):	7.16	6.00	5.09	4.97	7.30	7.11	10.14	7.64	3.89	6.27
Muestra seca (g):	75.06	60.73	44.61	42.80	53.99	51.83	63.94	47.72	21.66	32.60
Contenido de humedad (%):	9.54	9.88	11.41	11.61	13.52	13.72	15.86	16.01	17.96	19.23

Humedad promedio (%): 9.71 11.51 13.62 15.93 18.60

Densidad seca(g/cm³): 1.73 1.85 1.91 1.88 1.74



DENSIDAD SECA MÁXIMA: 1.91 g/cm³

HUMEDAD ÓPTIMA: 14.00 %

Resultado del ensayo de Proctor modificado del tratamiento T0-02



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



PROCTOR MODIFICADO

MTC E 115, AASHTO T180-70 y ASTM D1557-70

DATOS GENERALES

Calicata: C-5
 Tipo de suelo: A-4 (1)
 Repetición: 2

Adición de Proes: 0.00 %
 Adición de Con-Aid: 0.00 %
 Adición de cemento IP: 0.00 %

DATOS DEL ENSAYO

Método: A	Diámetro del molde: 10.10 cm	Altura de caída del martillo: 30.03 cm
Golpe/capa: 25	Altura del molde: 11.50 cm	Peso del martillo: 3.67 Kg
Nº de capas: 5	Volumen del molde: 921.36 cm ³	

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD

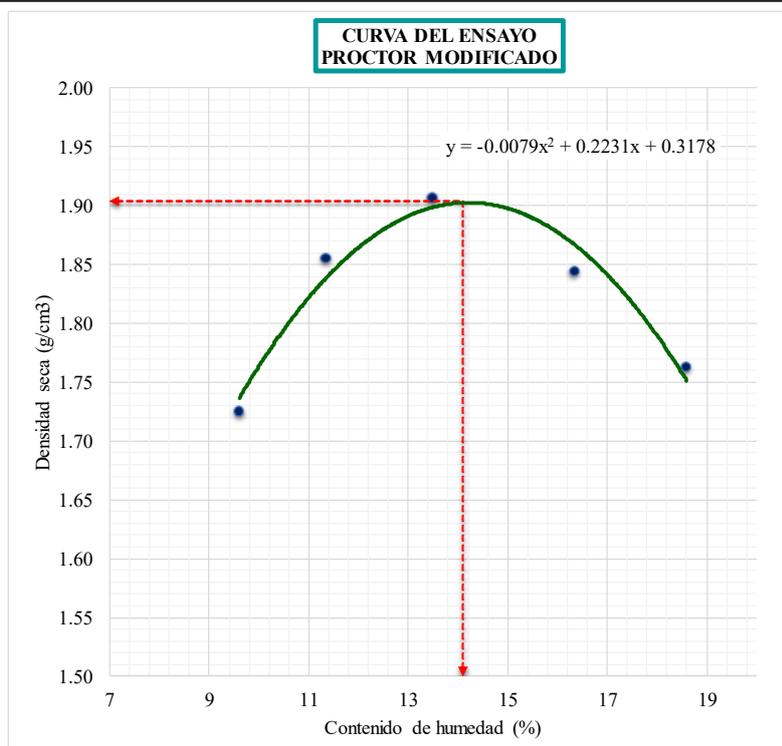
Muestra N°:	01	02	03	04	05
Peso del molde (g):	2022.63	2022.63	2022.63	2022.63	2022.63
Muestra compactada + Peso del molde (g):	3765.03	3925.96	4016.18	3998.48	3948.68
Peso de muestra compactada (g):	1742.40	1903.33	1993.55	1975.85	1926.05
Densidad húmeda (g/cm ³):	1.89	2.07	2.16	2.14	2.09

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Muestra N°:	01		02		03		04		05	
	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
Peso de cápsula (g):	58.5	56.34	57.48	56	58.74	54.64	55.85	55.62	60.23	62.76
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	140.72	123.07	107.18	103.77	120.03	113.58	129.93	110.98	85.78	101.63
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	133.62	117.13	102.15	98.86	112.79	106.53	119.75	103.04	81.85	95.42
Peso del agua (g):	7.10	5.94	5.03	4.91	7.24	7.05	10.18	7.94	3.93	6.21
Muestra seca (g):	75.12	60.79	44.67	42.86	54.05	51.89	63.90	47.42	21.62	32.66
Contenido de humedad (%):	9.45	9.77	11.26	11.46	13.40	13.59	15.93	16.74	18.18	19.01

Humedad promedio (%): 9.61 11.36 13.49 16.34 18.60

Densidad seca(g/cm³): 1.73 1.86 1.91 1.84 1.76



DENSIDAD SECA MÁXIMA: 1.90 g/cm ³
HUMEDAD ÓPTIMA: 14.10 %

Resultado del ensayo de Proctor modificado del tratamiento T0-03



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



PROCTOR MODIFICADO

MTC E 115, AASHTO T180-70 y ASTM D1557-70

DATOS GENERALES

Calicata: C-5
 Tipo de suelo: A-4 (1)
 Repetición: 3

Adición de Proes: 0.00 %
 Adición de Con-Aid: 0.00 %
 Adición de cemento IP: 0.00 %

DATOS DEL ENSAYO

Método: A	Diámetro del molde: 10.10 cm	Altura de caída del martillo: 30.03 cm
Golpe/capa: 25	Altura del molde: 11.50 cm	Peso del martillo: 3.67 Kg
Nº de capas: 5	Volumen del molde: 921.36 cm ³	

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD

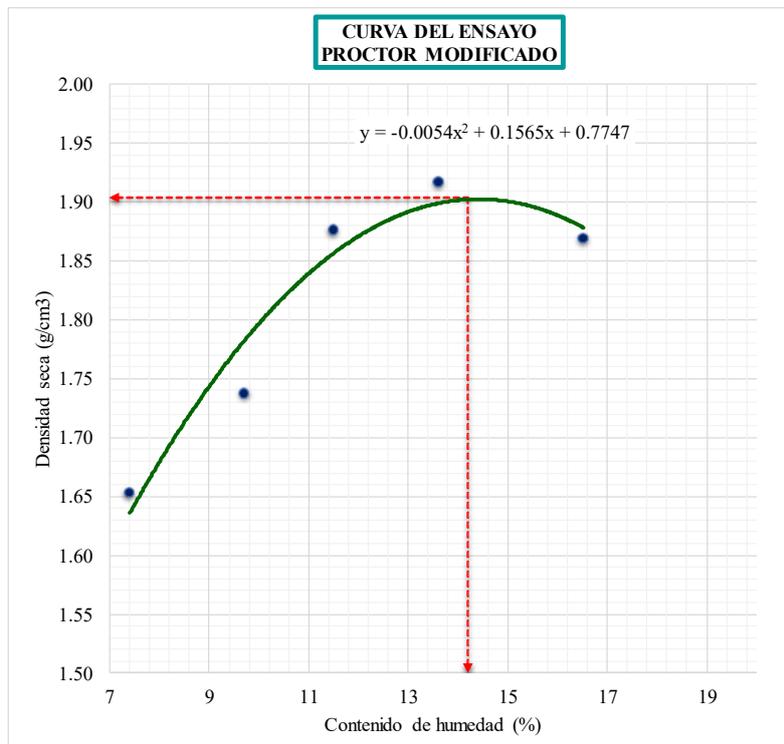
Muestra N°:	01	02	03	04	05
Peso del molde (g):	2022.63	2022.63	2022.63	2022.63	2022.63
Muestra compactada + Peso del molde (g):	3658.68	3779.03	3949.96	4029.18	4029.48
Peso de muestra compactada (g):	1636.05	1756.40	1927.33	2006.55	2006.85
Densidad húmeda (g/cm ³):	1.78	1.91	2.09	2.18	2.18

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Muestra N°:	01		02		03		04		05	
	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
Peso de cápsula (g):	62.35	64.88	60.62	58.46	59.6	58.12	60.86	56.76	57.97	57.74
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	87.90	103.75	142.84	125.19	109.30	105.89	122.15	115.7	132.05	113.1
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	86.16	101.04	135.68	119.19	104.21	100.92	114.85	108.59	121.91	104.98
Peso del agua (g):	1.74	2.71	7.16	6.00	5.09	4.97	7.30	7.11	10.14	8.12
Muestra seca (g):	23.81	36.16	75.06	60.73	44.61	42.80	53.99	51.83	63.94	47.24
Contenido de humedad (%):	7.31	7.49	9.54	9.88	11.41	11.61	13.52	13.72	15.86	17.19

Humedad promedio (%): 7.40 9.71 11.51 13.62 16.52

Densidad seca(g/cm³): 1.65 1.74 1.88 1.92 1.87



DENSIDAD SECA MÁXIMA: 1.90 g/cm ³
HUMEDAD ÓPTIMA: 14.20 %

Resultado del ensayo de Proctor modificado del tratamiento TP1-01



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



PROCTOR MODIFICADO

MTC E 115, AASHTO T180-70 y ASTM D1557-70

DATOS GENERALES

Calicata: C-5
 Tipo de suelo: A-4 (1)
 Repetición: 1

Adición de Proes: 0.00 %
 Adición de Con-Aid: 0.00 %
 Adición de cemento IP: 0.50 %

DATOS DEL ENSAYO

Método: A	Diámetro del molde: 10.10 cm	Altura de caída del martillo: 30.03 cm
Golpe/capa: 25	Altura del molde: 11.50 cm	Peso del martillo: 3.67 Kg
Nº de capas: 5	Volumen del molde: 921.36 cm ³	

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD

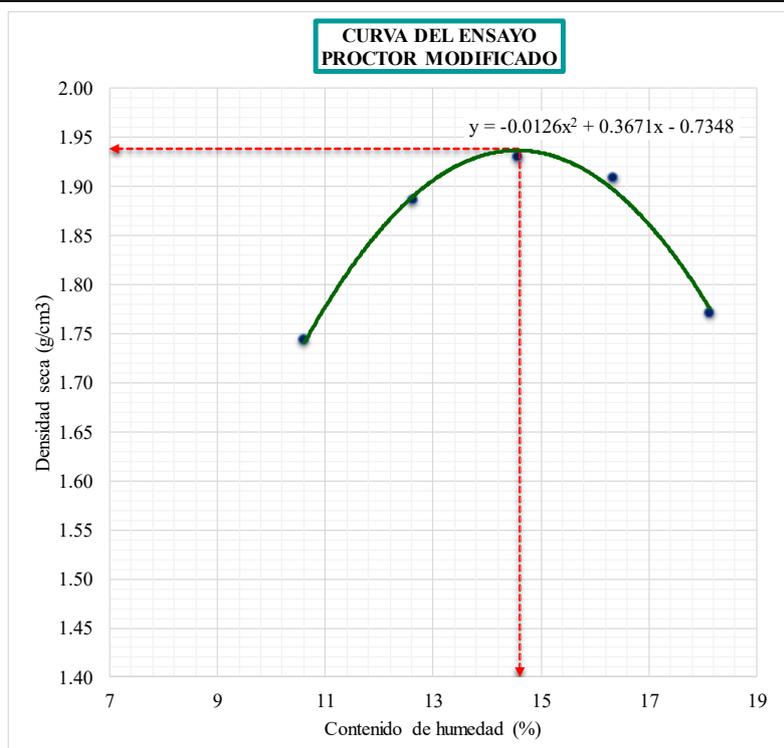
Muestra N°:	01	02	03	04	05
Peso del molde (g):	1986.23	1986.23	1986.23	1986.23	1986.23
Muestra compactada + Peso del molde (g):	3762.94	3943.32	4023.83	4032.75	3913.78
Peso de muestra compactada (g):	1776.71	1957.09	2037.60	2046.52	1927.55
Densidad húmeda (g/cm ³):	1.93	2.12	2.21	2.22	2.09

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Muestra N°:	01		02		03		04		05	
	Superior	Inferior								
Peso de cápsula (g):	21.57	21.06	58.05	60.24	56.32	57.58	58.76	54.09	57.78	57.82
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	37.00	41.66	76.20	80.02	81.52	78.8	80.1	77.01	75.11	79.72
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	35.59	39.59	74.18	77.79	78.34	76.08	77.13	73.76	72.49	76.31
Peso del agua (g):	1.41	2.07	2.02	2.23	3.18	2.72	2.97	3.25	2.62	3.41
Muestra seca (g):	14.02	18.53	16.13	17.55	22.02	18.50	18.37	19.67	14.71	18.49
Contenido de humedad (%):	10.06	11.17	12.52	12.71	14.44	14.70	16.17	16.52	17.81	18.44

Humedad promedio (%): 10.61 12.61 14.57 16.35 18.13

Densidad seca(g/cm³): 1.74 1.89 1.93 1.91 1.77



DENSIDAD SECA MÁXIMA: 1.94 g/cm ³
HUMEDAD ÓPTIMA: 14.60 %

Resultado del ensayo de Proctor modificado del tratamiento TP1-02



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



PROCTOR MODIFICADO

MTC E 115, AASHTO T180-70 y ASTM D1557-70

DATOS GENERALES

Calicata: C-5
 Tipo de suelo: A-4 (1)
 Repetición: 2

Adición de Proes: 0.00 %
 Adición de Con-Aid: 0.00 %
 Adición de cemento IP: 0.50 %

DATOS DEL ENSAYO

Método: A	Diámetro del molde: 10.10 cm	Altura de caída del martillo: 30.03 cm
Golpe/capa: 25	Altura del molde: 11.50 cm	Peso del martillo: 3.67 Kg
Nº de capas: 5	Volumen del molde: 921.36 cm ³	

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD

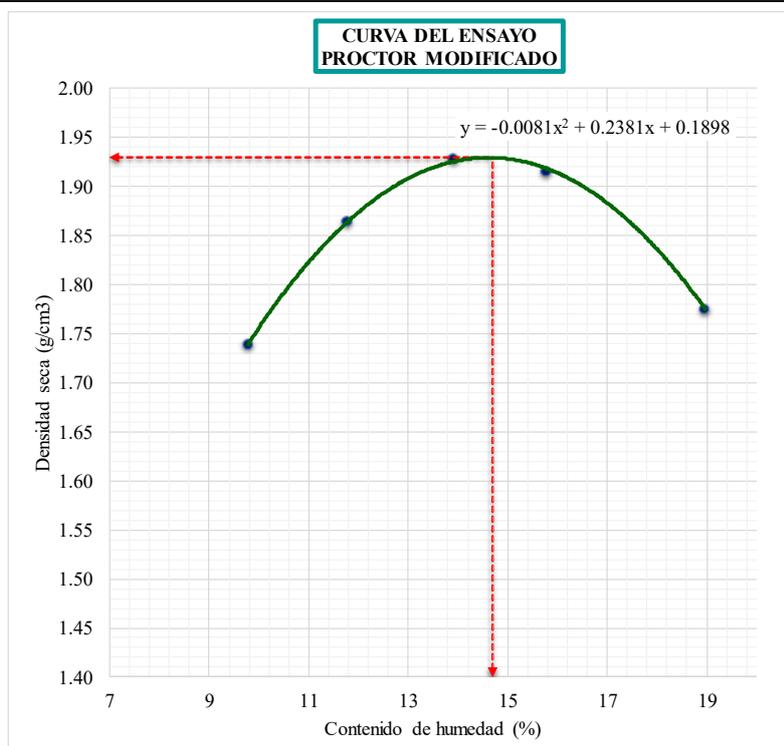
Muestra N°:	01	02	03	04	05
Peso del molde (g):	2018.85	2018.85	2018.85	2018.85	2018.85
Muestra compactada + Peso del molde (g):	3777.48	3939.18	4042.70	4062.03	3965.26
Peso de muestra compactada (g):	1758.63	1920.33	2023.85	2043.18	1946.41
Densidad húmeda (g/cm ³):	1.91	2.08	2.20	2.22	2.11

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Muestra N°:	01		02		03		04		05	
	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
Peso de cápsula (g):	61.71	60.9	60.11	63.37	55.04	58.69	63.01	54.51	57.7	57.5
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	68.49	70.08	72.94	75.96	69.65	76.52	78.36	89.62	79.87	84.58
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	67.88	69.27	71.59	74.63	67.95	74.24	76.37	84.61	76.41	80.17
Peso del agua (g):	0.61	0.81	1.35	1.33	1.70	2.28	1.99	5.01	3.46	4.41
Muestra seca (g):	6.17	8.37	11.48	11.26	12.91	15.55	13.36	30.10	18.71	22.67
Contenido de humedad (%):	9.89	9.68	11.76	11.81	13.17	14.66	14.90	16.64	18.49	19.45

Humedad promedio (%): 9.78 11.79 13.92 15.77 18.97

Densidad seca(g/cm³): 1.74 1.86 1.93 1.92 1.78



DENSIDAD SECA MÁXIMA: 1.93 g/cm ³
HUMEDAD ÓPTIMA: 14.70 %

Resultado del ensayo de Proctor modificado del tratamiento TP1-03



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



PROCTOR MODIFICADO

MTC E 115, AASHTO T180-70 y ASTM D1557-70

DATOS GENERALES

Calicata: C-5
 Tipo de suelo: A-4 (1)
 Repetición: 3

Adición de Proes: 0.00 %
 Adición de Con-Aid: 0.00 %
 Adición de cemento IP: 0.50 %

DATOS DEL ENSAYO

Método: A	Diámetro del molde: 10.10 cm	Altura de caída del martillo: 30.03 cm
Golpe/capa: 25	Altura del molde: 11.50 cm	Peso del martillo: 3.67 Kg
Nº de capas: 5	Volumen del molde: 921.36 cm ³	

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD

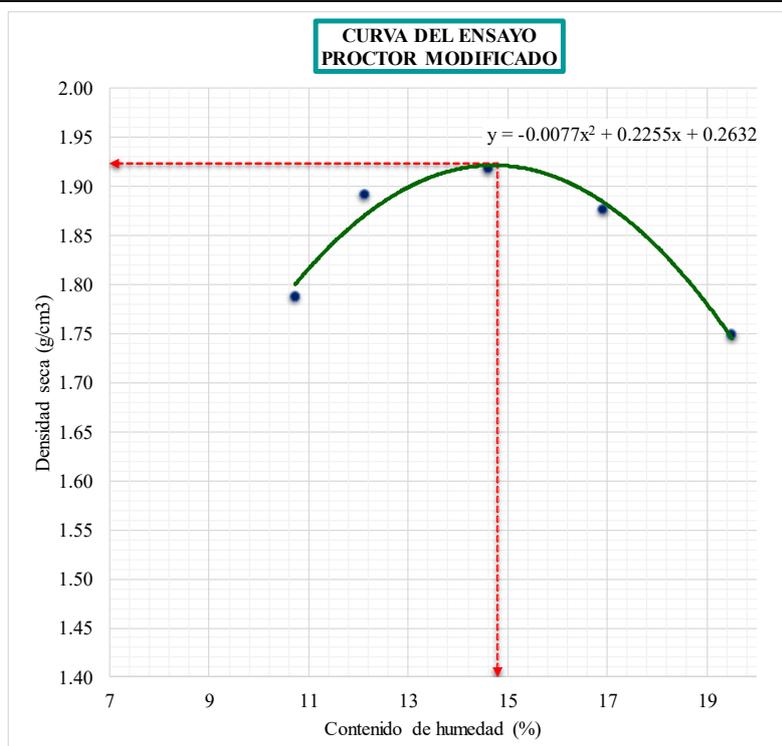
Muestra N°:	01	02	03	04	05
Peso del molde (g):	1982.74	1982.74	1982.74	1982.74	1982.74
Muestra compactada + Peso del molde (g):	3805.90	3936.81	4007.42	4003.6	3908.91
Peso de muestra compactada (g):	1823.16	1954.07	2024.68	2020.86	1926.17
Densidad húmeda (g/cm ³):	1.98	2.12	2.20	2.19	2.09

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Muestra N°:	01		02		03		04		05	
	Superior	Inferior								
Peso de cápsula (g):	54.88	58.77	57.31	59.1	57.79	51.72	58.52	58.78	58.97	56.79
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	65.69	68.50	66.09	69.86	68.88	66.84	75.27	74.88	85.31	82.58
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	64.63	67.57	65.17	68.66	67.49	64.88	72.89	72.51	81.02	78.36
Peso del agua (g):	1.06	0.93	0.92	1.20	1.39	1.96	2.38	2.37	4.29	4.22
Muestra seca (g):	9.75	8.80	7.86	9.56	9.70	13.16	14.37	13.73	22.05	21.57
Contenido de humedad (%):	10.87	10.57	11.70	12.55	14.33	14.89	16.56	17.26	19.46	19.56

Humedad promedio (%): 10.72 12.13 14.61 16.91 19.51

Densidad seca(g/cm³): 1.79 1.89 1.92 1.88 1.75



DENSIDAD SECA MÁXIMA: 1.92 g/cm³

HUMEDAD ÓPTIMA: 14.80 %

Resultado del ensayo de Proctor modificado del tratamiento TP2-01



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



PROCTOR MODIFICADO

MTC E 115, AASHTO T180-70 y ASTM D1557-70

DATOS GENERALES

Calicata: C-5
 Tipo de suelo: A-4 (1)
 Repetición: 1

Adición de Proes: 0.00 %
 Adición de Con-Aid: 0.00 %
 Adición de cemento IP: 1.50 %

DATOS DEL ENSAYO

Método: A	Diámetro del molde: 10.10 cm	Altura de caída del martillo: 30.03 cm
Golpe/capa: 25	Altura del molde: 11.50 cm	Peso del martillo: 3.67 Kg
Nº de capas: 5	Volumen del molde: 921.36 cm ³	

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD

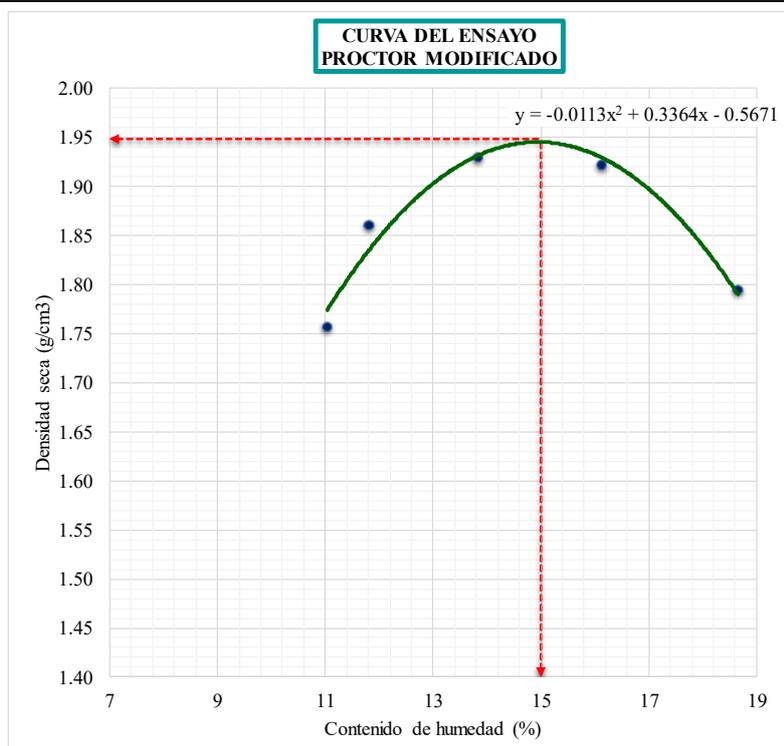
Muestra N°:	01	02	03	04	05
Peso del molde (g):	1986.23	1986.23	1986.23	1986.23	1986.23
Muestra compactada + Peso del molde (g):	3783.10	3902.53	4010.12	4042.57	3946.78
Peso de muestra compactada (g):	1796.87	1916.30	2023.89	2056.34	1960.55
Densidad húmeda (g/cm ³):	1.95	2.08	2.20	2.23	2.13

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Muestra N°:	01		02		03		04		05	
	Superior	Inferior								
Peso de cápsula (g):	59.3	63.84	61.27	54.89	57.18	57.73	29.7	21.55	62.2	54.47
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	74.81	79.64	78.88	76.94	77.23	82.58	68.99	40.62	79.3	79.5
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	73.26	78.08	77.12	74.48	74.76	79.6	63.68	37.9	76.67	75.48
Peso del agua (g):	1.55	1.56	1.76	2.46	2.47	2.98	5.31	2.72	2.63	4.02
Muestra seca (g):	13.96	14.24	15.85	19.59	17.58	21.87	33.98	16.35	14.47	21.01
Contenido de humedad (%):	11.10	10.96	11.10	12.56	14.05	13.63	15.63	16.64	18.18	19.13

Humedad promedio (%): 11.03 11.83 13.84 16.13 18.65

Densidad seca(g/cm³): 1.76 1.86 1.93 1.92 1.79



DENSIDAD SECA MÁXIMA: 1.95 g/cm ³
HUMEDAD ÓPTIMA: 15.00 %

Resultado del ensayo de Proctor modificado del tratamiento TP2-02



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



PROCTOR MODIFICADO

MTC E 115, AASHTO T180-70 y ASTM D1557-70

DATOS GENERALES

Calicata: C-5
 Tipo de suelo: A-4 (1)
 Repetición: 2

Adición de Proes: 0.00 %
 Adición de Con-Aid: 0.00 %
 Adición de cemento IP: 1.50 %

DATOS DEL ENSAYO

Método: A	Diámetro del molde: 10.10 cm	Altura de caída del martillo: 30.03 cm
Golpe/capa: 25	Altura del molde: 11.50 cm	Peso del martillo: 3.67 Kg
Nº de capas: 5	Volumen del molde: 921.36 cm ³	

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD

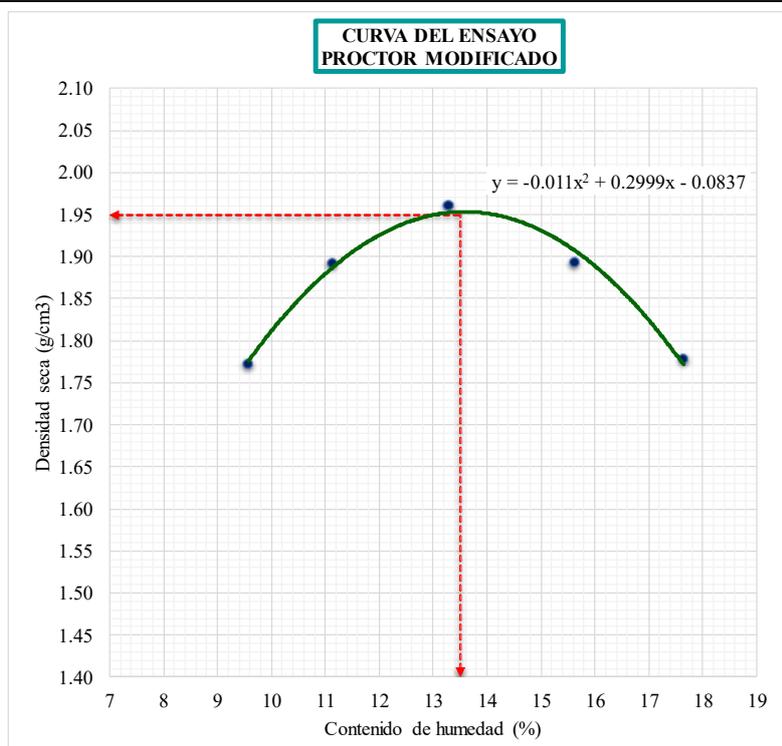
Muestra N°:	01	02	03	04	05
Peso del molde (g):	1986.23	1986.23	1986.23	1986.23	1986.23
Muestra compactada + Peso del molde (g):	3774.66	3922.91	4032.61	4002.49	3913.61
Peso de muestra compactada (g):	1788.43	1936.68	2046.38	2016.26	1927.38
Densidad húmeda (g/cm ³):	1.94	2.10	2.22	2.19	2.09

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Muestra N°:	01		02		03		04		05	
	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
Peso de cápsula (g):	61.92	61.1	60.34	63.56	55.23	58.89	63.23	54.74	57.88	57.7
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	76.59	77.81	76.51	81.42	70.39	75.51	80.12	73.45	87.96	76.85
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	75.29	76.37	74.91	79.61	68.65	73.52	77.84	70.92	83.51	73.94
Peso del agua (g):	1.30	1.44	1.60	1.81	1.74	1.99	2.28	2.53	4.45	2.91
Muestra seca (g):	13.37	15.27	14.57	16.05	13.42	14.63	14.61	16.18	25.63	16.24
Contenido de humedad (%):	9.72	9.43	10.98	11.28	12.97	13.60	15.61	15.64	17.36	17.92

Humedad promedio (%): 9.58 11.13 13.28 15.62 17.64

Densidad seca(g/cm³): 1.77 1.89 1.96 1.89 1.78



DENSIDAD SECA MÁXIMA: 1.95 g/cm ³
HUMEDAD ÓPTIMA: 13.50 %

Resultado del ensayo de Proctor modificado del tratamiento TP2-03



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



PROCTOR MODIFICADO

MTC E 115, AASHTO T180-70 y ASTM D1557-70

DATOS GENERALES

Calicata: C-5
 Tipo de suelo: A-4 (1)
 Repetición: 3

Adición de Proes: 0.00 %
 Adición de Con-Aid: 0.00 %
 Adición de cemento IP: 1.50 %

DATOS DEL ENSAYO

Método: A	Diámetro del molde: 10.10 cm	Altura de caída del martillo: 30.03 cm
Golpe/capa: 25	Altura del molde: 11.50 cm	Peso del martillo: 3.67 Kg
Nº de capas: 5	Volumen del molde: 921.36 cm ³	

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD

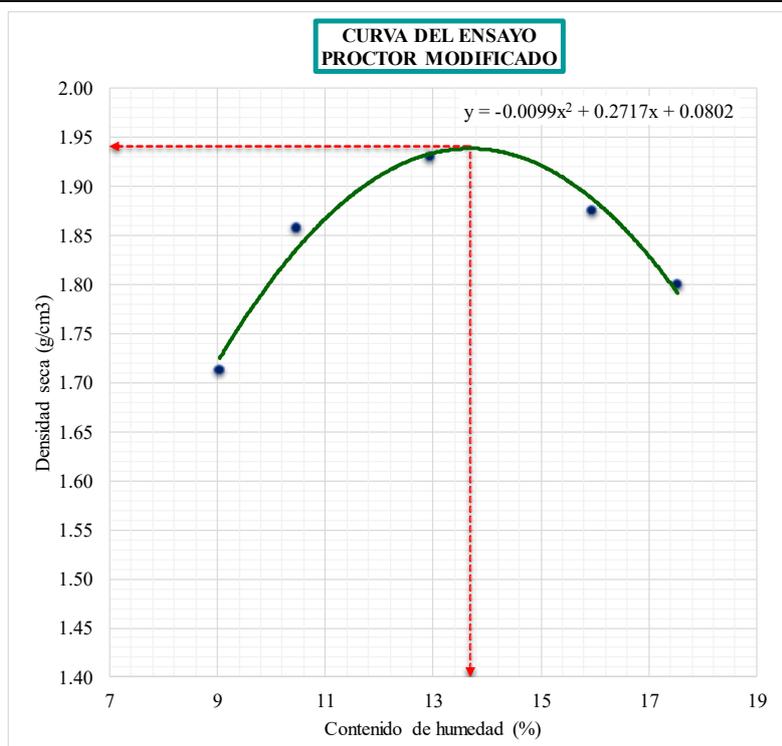
Muestra N°:	01	02	03	04	05
Peso del molde (g):	1986.85	1986.85	1986.85	1986.85	1986.85
Muestra compactada + Peso del molde (g):	3706.79	3877.2	3995.08	3989.83	3935.83
Peso de muestra compactada (g):	1719.94	1890.35	2008.23	2002.98	1948.98
Densidad húmeda (g/cm ³):	1.87	2.05	2.18	2.17	2.12

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Muestra N°:	01		02		03		04		05	
	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
Peso de cápsula (g):	58	59.59	55.6	58.83	57.4	60.03	64.42	58.74	56.88	61.45
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	87.62	76.10	67.14	70.49	72.80	74.66	83.66	81.15	70.39	71.9
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	85.24	74.69	66.10	69.33	71.08	72.94	81.09	77.98	68.48	70.26
Peso del agua (g):	2.38	1.41	1.04	1.16	1.72	1.72	2.57	3.17	1.91	1.64
Muestra seca (g):	27.24	15.10	10.50	10.50	13.68	12.91	16.67	19.24	11.60	8.81
Contenido de humedad (%):	8.74	9.34	9.90	11.05	12.57	13.32	15.42	16.48	16.47	18.62

Humedad promedio (%): 9.04 10.48 12.95 15.95 17.54

Densidad seca(g/cm³): 1.71 1.86 1.93 1.87 1.80



DENSIDAD SECA MÁXIMA: 1.94 g/cm³

HUMEDAD ÓPTIMA: 13.70 %

Resultado del ensayo de Proctor modificado del tratamiento TP3-01



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



PROCTOR MODIFICADO

MTC E 115, AASHTO T180-70 y ASTM D1557-70

DATOS GENERALES

Calicata: C-5
 Tipo de suelo: A-4 (1)
 Repetición: 1

Adición de Proes: 0.01 %
 Adición de Con-Aid: 0.00 %
 Adición de cemento IP: 1.50 %

DATOS DEL ENSAYO

Método: A	Diámetro del molde: 10.10 cm	Altura de caída del martillo: 30.03 cm
Golpe/capa: 25	Altura del molde: 11.50 cm	Peso del martillo: 3.67 Kg
Nº de capas: 5	Volumen del molde: 921.36 cm ³	

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD

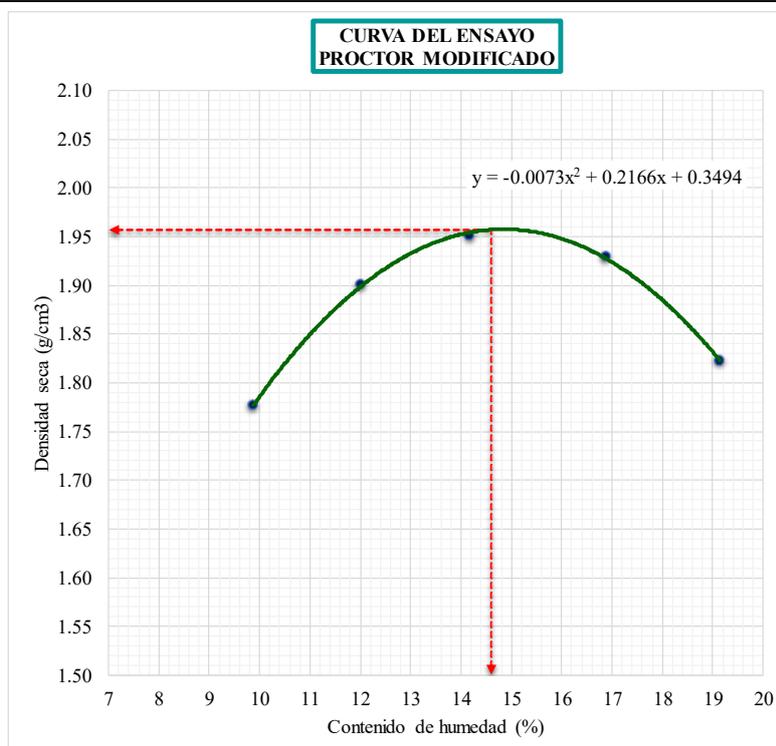
Muestra N°:	01	02	03	04	05
Peso del molde (g):	1986.23	1986.23	1986.23	1986.23	1986.23
Muestra compactada + Peso del molde (g):	3785.90	3947.51	4038.84	4064.04	3986.29
Peso de muestra compactada (g):	1799.67	1961.28	2052.61	2077.81	2000.06
Densidad húmeda (g/cm ³):	1.95	2.13	2.23	2.26	2.17

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Muestra N°:	01		02		03		04		05	
	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
Peso de cápsula (g):	55.3	55.02	56.82	54.51	54.58	56.1	55.79	59.84	52.76	59.17
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	67.99	70.39	73.08	68.94	69.41	74.63	75.33	79.77	71.76	72.31
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	66.83	69.03	71.35	67.38	67.66	72.22	72.51	76.89	68.72	70.19
Peso del agua (g):	1.16	1.36	1.73	1.56	1.75	2.41	2.82	2.88	3.04	2.12
Muestra seca (g):	11.53	14.01	14.53	12.87	13.08	16.12	16.72	17.05	15.96	11.02
Contenido de humedad (%):	10.06	9.71	11.91	12.12	13.38	14.95	16.87	16.89	19.05	19.24

Humedad promedio (%): 9.88 12.01 14.16 16.88 19.14

Densidad seca(g/cm³): 1.78 1.90 1.95 1.93 1.82



DENSIDAD SECA MÁXIMA: 1.96 g/cm ³
HUMEDAD ÓPTIMA: 14.60 %

Resultado del ensayo de Proctor modificado del tratamiento TP3-02



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



PROCTOR MODIFICADO

MTC E 115, AASHTO T180-70 y ASTM D1557-70

DATOS GENERALES

Calicata: C-5
 Tipo de suelo: A-4 (1)
 Repetición: 2

Adición de Proes: 0.01 %
 Adición de Con-Aid: 0.00 %
 Adición de cemento IP: 1.50 %

DATOS DEL ENSAYO

Método: A	Diámetro del molde: 10.10 cm	Altura de caída del martillo: 30.03 cm
Golpe/capa: 25	Altura del molde: 11.50 cm	Peso del martillo: 3.67 Kg
Nº de capas: 5	Volumen del molde: 921.36 cm ³	

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD

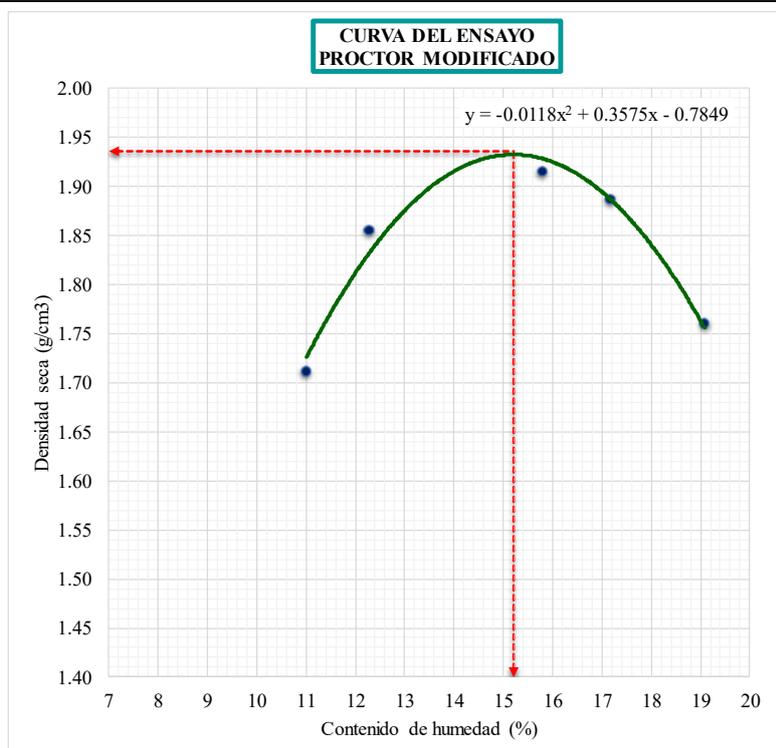
Muestra N°:	01	02	03	04	05
Peso del molde (g):	2020.96	2020.96	2020.96	2020.96	2020.96
Muestra compactada + Peso del molde (g):	3771.63	3939.73	4065.01	4058.2	3951.63
Peso de muestra compactada (g):	1750.67	1918.77	2044.05	2037.24	1930.67
Densidad húmeda (g/cm ³):	1.90	2.08	2.22	2.21	2.10

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Muestra N°:	01		02		03		04		05	
	Superior	Inferior								
Peso de cápsula (g):	23.82	23.56	23.69	24.28	23.72	23.19	23.73	23.34	23.91	23.82
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	36.43	37.91	37.76	37.74	31.49	28.87	32.78	35.32	39.65	32.26
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	35.23	36.43	36.24	36.25	30.52	28.03	31.51	33.49	37.18	30.88
Peso del agua (g):	1.20	1.48	1.52	1.49	0.97	0.84	1.27	1.83	2.47	1.38
Muestra seca (g):	11.41	12.87	12.55	11.97	6.80	4.84	7.78	10.15	13.27	7.06
Contenido de humedad (%):	10.52	11.50	12.11	12.45	14.26	17.36	16.32	18.03	18.61	19.55

Humedad promedio (%): 11.01 12.28 15.81 17.18 19.08

Densidad seca(g/cm³): 1.71 1.85 1.92 1.89 1.76



DENSIDAD SECA MÁXIMA: 1.94 g/cm³

HUMEDAD ÓPTIMA: 15.20 %

Resultado del ensayo de Proctor modificado del tratamiento TP3-03



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



PROCTOR MODIFICADO

MTC E 115, AASHTO T180-70 y ASTM D1557-70

DATOS GENERALES

Calicata: C-5
 Tipo de suelo: A-4 (1)
 Repetición: 3

Adición de Proes: 0.01 %
 Adición de Con-Aid: 0.00 %
 Adición de cemento IP: 1.50 %

DATOS DEL ENSAYO

Método: A	Diámetro del molde: 10.10 cm	Altura de caída del martillo: 30.03 cm
Golpe/capa: 25	Altura del molde: 11.50 cm	Peso del martillo: 3.67 Kg
Nº de capas: 5	Volumen del molde: 921.36 cm ³	

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD

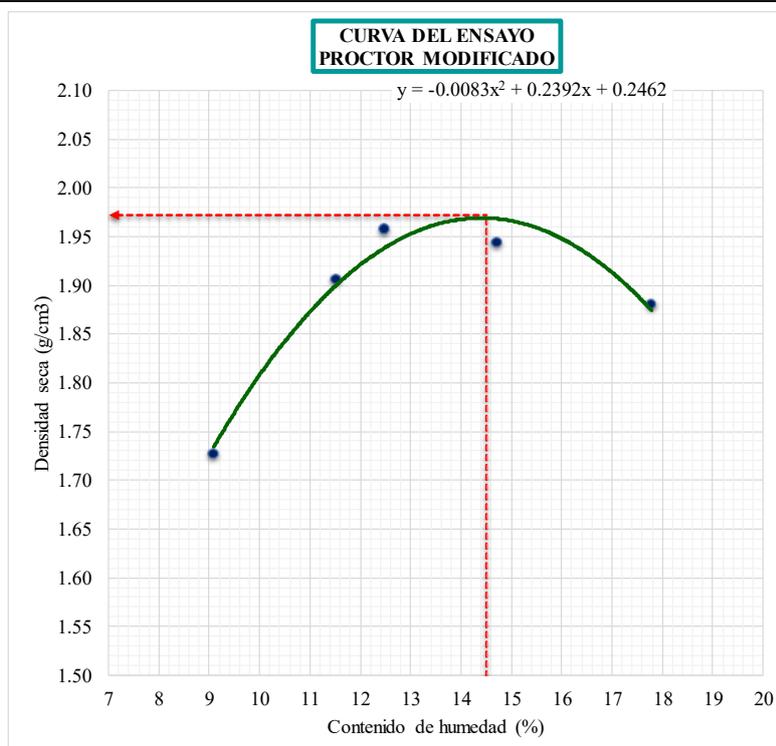
Muestra N°:	01	02	03	04	05
Peso del molde (g):	1986.23	1986.23	1986.23	1986.23	1986.23
Muestra compactada + Peso del molde (g):	3721.90	3944.51	4014.84	4040.04	4027.29
Peso de muestra compactada (g):	1735.67	1958.28	2028.61	2053.81	2041.06
Densidad húmeda (g/cm ³):	1.88	2.13	2.20	2.23	2.22

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Muestra N°:	01		02		03		04		05	
	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
Peso de cápsula (g):	57.42	57.14	58.94	56.63	56.7	58.22	57.91	61.96	54.88	61.29
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	70.11	72.51	75.20	71.06	71.53	76.75	77.45	81.89	73.88	74.43
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	69.07	71.21	73.53	69.56	69.96	74.6	75.01	79.27	71.21	72.31
Peso del agua (g):	1.04	1.30	1.67	1.50	1.57	2.15	2.44	2.62	2.67	2.12
Muestra seca (g):	11.65	14.07	14.59	12.93	13.26	16.38	17.10	17.31	16.33	11.02
Contenido de humedad (%):	8.93	9.24	11.45	11.60	11.84	13.13	14.27	15.14	16.35	19.24

Humedad promedio (%): 9.08 11.52 12.48 14.70 17.79

Densidad seca(g/cm³): 1.73 1.91 1.96 1.94 1.88



DENSIDAD SECA MÁXIMA: 1.97 g/cm ³
HUMEDAD ÓPTIMA: 14.50 %

Resultado del ensayo de Proctor modificado del tratamiento TP4-01



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



PROCTOR MODIFICADO

MTC E 115, AASHTO T180-70 y ASTM D1557-70

DATOS GENERALES

Calicata: C-5
 Tipo de suelo: A-4 (1)
 Repetición: 1

Adición de Proes: 0.03 %
 Adición de Con-Aid: 0.00 %
 Adición de cemento IP: 1.50 %

DATOS DEL ENSAYO

Método: A	Diámetro del molde: 10.10 cm	Altura de caída del martillo: 30.03 cm
Golpe/capa: 25	Altura del molde: 11.50 cm	Peso del martillo: 3.67 Kg
Nº de capas: 5	Volumen del molde: 921.36 cm ³	

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD

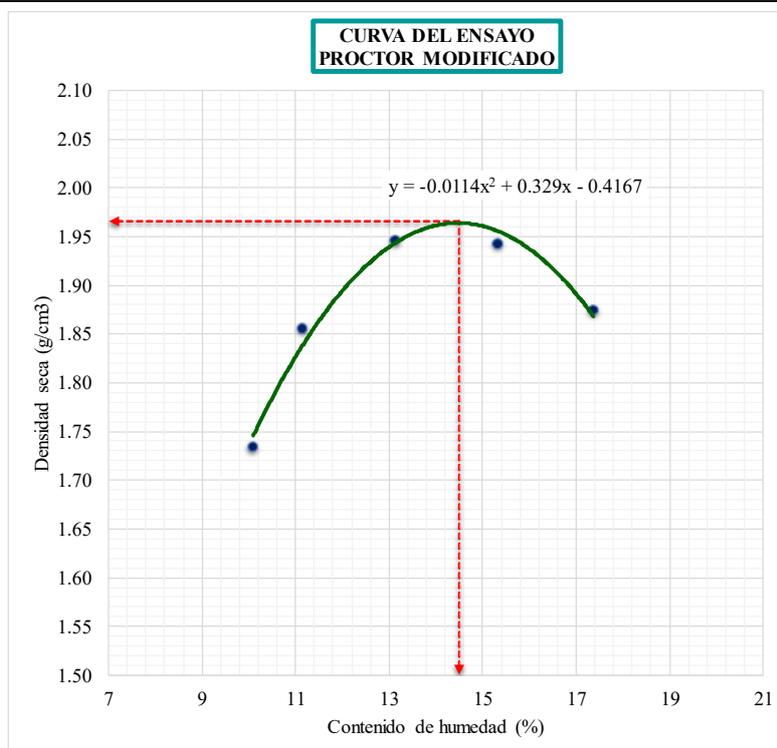
Muestra N°:	01	02	03	04	05
Peso del molde (g):	1983.57	1983.57	1983.57	1983.57	1983.57
Muestra compactada + Peso del molde (g):	3742.20	3883.39	4012.10	4047.02	4010.81
Peso de muestra compactada (g):	1758.63	1899.82	2028.53	2063.45	2027.24
Densidad húmeda (g/cm ³):	1.91	2.06	2.20	2.24	2.20

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Muestra N°:	01		02		03		04		05	
	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
Peso de cápsula (g):	61.74	60.95	60.14	63.39	55.08	58.73	63.05	54.54	57.71	57.53
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	81.28	75.56	73.98	74.73	70.39	69.22	77.96	73.62	76.02	72.68
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	79.41	74.28	72.57	73.61	68.53	68.06	75.99	71.07	73.26	70.48
Peso del agua (g):	1.87	1.28	1.41	1.12	1.86	1.16	1.97	2.55	2.76	2.20
Muestra seca (g):	17.67	13.33	12.43	10.22	13.45	9.33	12.94	16.53	15.55	12.95
Contenido de humedad (%):	10.58	9.60	11.34	10.96	13.83	12.43	15.22	15.43	17.75	16.99

Humedad promedio (%): 10.09 11.15 13.13 15.33 17.37

Densidad seca(g/cm³): 1.73 1.86 1.95 1.94 1.87



DENSIDAD SECA MÁXIMA: 1.97 g/cm ³
HUMEDAD ÓPTIMA: 14.50 %

Resultado del ensayo de Proctor modificado del tratamiento TP4-02



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



PROCTOR MODIFICADO

MTC E 115, AASHTO T180-70 y ASTM D1557-70

DATOS GENERALES

Calicata: C-5
 Tipo de suelo: A-4 (1)
 Repetición: 2

Adición de Proes: 0.03 %
 Adición de Con-Aid: 0.00 %
 Adición de cemento IP: 1.50 %

DATOS DEL ENSAYO

Método: A	Diámetro del molde: 10.10 cm	Altura de caída del martillo: 30.03 cm
Golpe/capa: 25	Altura del molde: 11.50 cm	Peso del martillo: 3.67 Kg
Nº de capas: 5	Volumen del molde: 921.36 cm ³	

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD

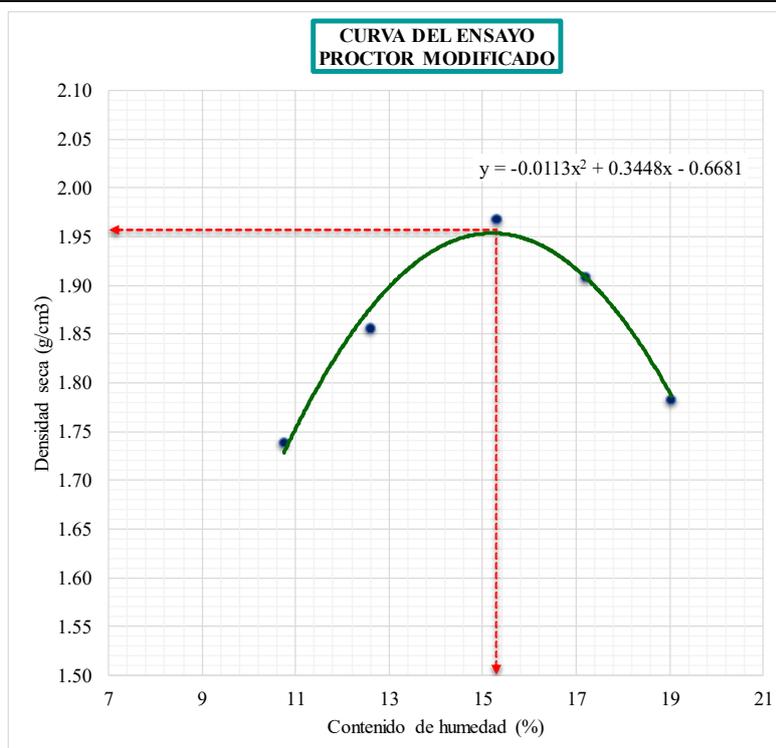
Muestra N°:	01	02	03	04	05
Peso del molde (g):	1983.57	1983.57	1983.57	1983.57	1983.57
Muestra compactada + Peso del molde (g):	3757.20	3908.39	4074.10	4045.02	3937.81
Peso de muestra compactada (g):	1773.63	1924.82	2090.53	2061.45	1954.24
Densidad húmeda (g/cm ³):	1.93	2.09	2.27	2.24	2.12

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Muestra N°:	01		02		03		04		05	
	Superior	Inferior								
Peso de cápsula (g):	63.86	63.07	62.26	65.51	57.2	60.85	65.17	56.66	59.83	59.65
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	83.40	77.68	76.10	76.85	72.51	71.34	80.08	75.74	78.14	74.8
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	81.44	76.31	74.60	75.54	70.56	69.89	77.92	72.9	75.29	72.31
Peso del agua (g):	1.96	1.37	1.50	1.31	1.95	1.45	2.16	2.84	2.85	2.49
Muestra seca (g):	17.58	13.24	12.34	10.03	13.36	9.04	12.75	16.24	15.46	12.66
Contenido de humedad (%):	11.15	10.35	12.16	13.06	14.60	16.04	16.94	17.49	18.43	19.67

Humedad promedio (%): 10.75 12.61 15.32 17.21 19.05

Densidad seca(g/cm³): 1.74 1.86 1.97 1.91 1.78



DENSIDAD SECA MÁXIMA: 1.96 g/cm ³
HUMEDAD ÓPTIMA: 15.30 %

Resultado del ensayo de Proctor modificado del tratamiento TP4-03



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



PROCTOR MODIFICADO

MTC E 115, AASHTO T180-70 y ASTM D1557-70

DATOS GENERALES

Calicata: C-5
 Tipo de suelo: A-4 (1)
 Repetición: 3

Adición de Proes: 0.03 %
 Adición de Con-Aid: 0.00 %
 Adición de cemento IP: 1.50 %

DATOS DEL ENSAYO

Método: A	Diámetro del molde: 10.10 cm	Altura de caída del martillo: 30.03 cm
Golpe/capa: 25	Altura del molde: 11.50 cm	Peso del martillo: 3.67 Kg
Nº de capas: 5	Volumen del molde: 921.36 cm ³	

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD

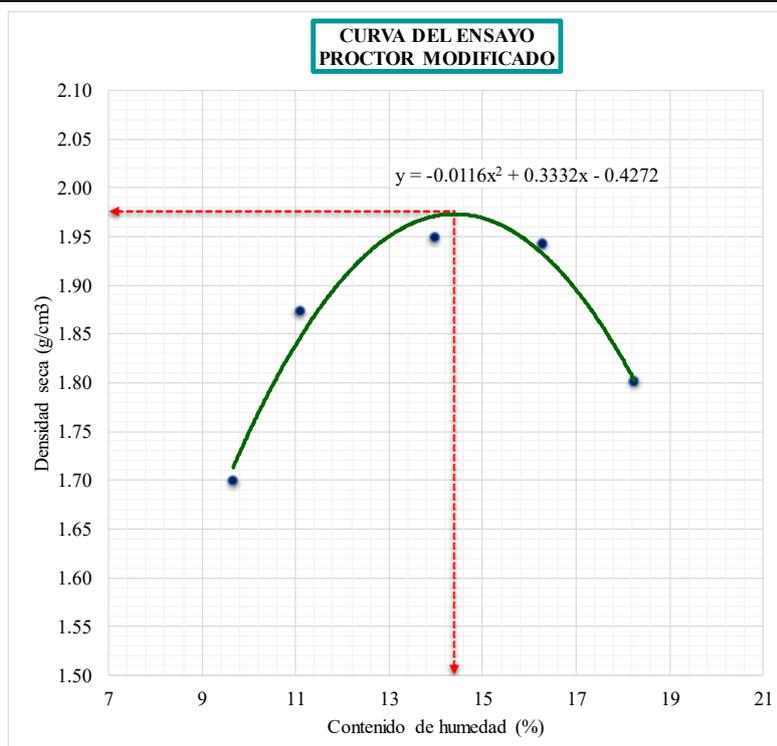
Muestra N°:	01	02	03	04	05
Peso del molde (g):	1983.57	1983.57	1983.57	1983.57	1983.57
Muestra compactada + Peso del molde (g):	3700.20	3901.39	4030.10	4065.02	3945.81
Peso de muestra compactada (g):	1716.63	1917.82	2046.53	2081.45	1962.24
Densidad húmeda (g/cm ³):	1.86	2.08	2.22	2.26	2.13

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Muestra N°:	01		02		03		04		05	
	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
Peso de cápsula (g):	61.74	60.95	60.14	63.39	55.08	58.73	63.05	54.54	57.71	57.53
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	81.28	75.56	73.98	74.73	70.39	69.22	77.96	73.62	76.02	72.68
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	79.47	74.34	72.63	73.57	68.59	67.88	75.95	70.85	73.32	70.24
Peso del agua (g):	1.81	1.22	1.35	1.16	1.80	1.34	2.01	2.77	2.70	2.44
Muestra seca (g):	17.73	13.39	12.49	10.18	13.51	9.15	12.90	16.31	15.61	12.71
Contenido de humedad (%):	10.21	9.11	10.81	11.39	13.32	14.64	15.58	16.98	17.30	19.20

Humedad promedio (%): 9.66 11.10 13.98 16.28 18.25

Densidad seca(g/cm³): 1.70 1.87 1.95 1.94 1.80



DENSIDAD SECA MÁXIMA: 1.98 g/cm³

HUMEDAD ÓPTIMA: 14.40 %

Resultado del ensayo de Proctor modificado del tratamiento TP5-01



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



PROCTOR MODIFICADO

MTC E 115, AASHTO T180-70 y ASTM D1557-70

DATOS GENERALES

Calicata: C-5
 Tipo de suelo: A-4 (1)
 Repetición: 1

Adición de Proes: 0.00 %
 Adición de Con-Aid: 0.01 %
 Adición de cemento IP: 1.50 %

DATOS DEL ENSAYO

Método: A	Diámetro del molde: 10.10 cm	Altura de caída del martillo: 30.03 cm
Golpe/capa: 25	Altura del molde: 11.50 cm	Peso del martillo: 3.67 Kg
Nº de capas: 5	Volumen del molde: 921.36 cm ³	

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD

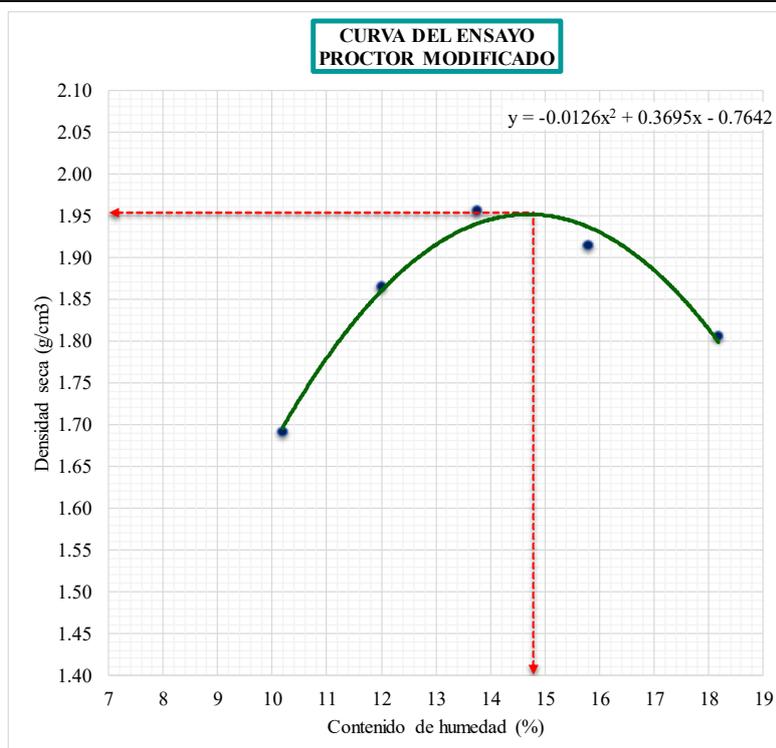
Muestra N°:	01	02	03	04	05
Peso del molde (g):	2020.96	2020.96	2020.96	2020.96	2020.96
Muestra compactada + Peso del molde (g):	3737.63	3945.73	4071.01	4064.2	3987.63
Peso de muestra compactada (g):	1716.67	1924.77	2050.05	2043.24	1966.67
Densidad húmeda (g/cm ³):	1.86	2.09	2.23	2.22	2.13

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Muestra N°:	01		02		03		04		05	
	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
Peso de cápsula (g):	19.58	19.32	19.45	20.04	19.48	18.95	19.49	19.1	19.67	19.58
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	32.19	33.67	33.52	33.50	27.25	24.63	28.54	31.08	35.41	28.02
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	31.08	32.28	32.08	31.99	26.26	23.98	27.34	29.4	33.01	26.71
Peso del agua (g):	1.11	1.39	1.44	1.51	0.99	0.65	1.20	1.68	2.40	1.31
Muestra seca (g):	11.50	12.96	12.63	11.95	6.78	5.03	7.85	10.30	13.34	7.13
Contenido de humedad (%):	9.65	10.73	11.40	12.64	14.60	12.92	15.29	16.31	17.99	18.37

Humedad promedio (%): 10.19 12.02 13.76 15.80 18.18

Densidad seca(g/cm³): 1.69 1.86 1.96 1.92 1.81



DENSIDAD SECA MÁXIMA: 1.95 g/cm ³
HUMEDAD ÓPTIMA: 14.80 %

Resultado del ensayo de Proctor modificado del tratamiento TP5-02



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



PROCTOR MODIFICADO

MTC E 115, AASHTO T180-70 y ASTM D1557-70

DATOS GENERALES

Calicata: C-5
 Tipo de suelo: A-4 (1)
 Repetición: 2

Adición de Proes: 0.00 %
 Adición de Con-Aid: 0.01 %
 Adición de cemento IP: 1.50 %

DATOS DEL ENSAYO

Método: A	Diámetro del molde: 10.10 cm	Altura de caída del martillo: 30.03 cm
Golpe/capa: 25	Altura del molde: 11.50 cm	Peso del martillo: 3.67 Kg
Nº de capas: 5	Volumen del molde: 921.36 cm ³	

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD

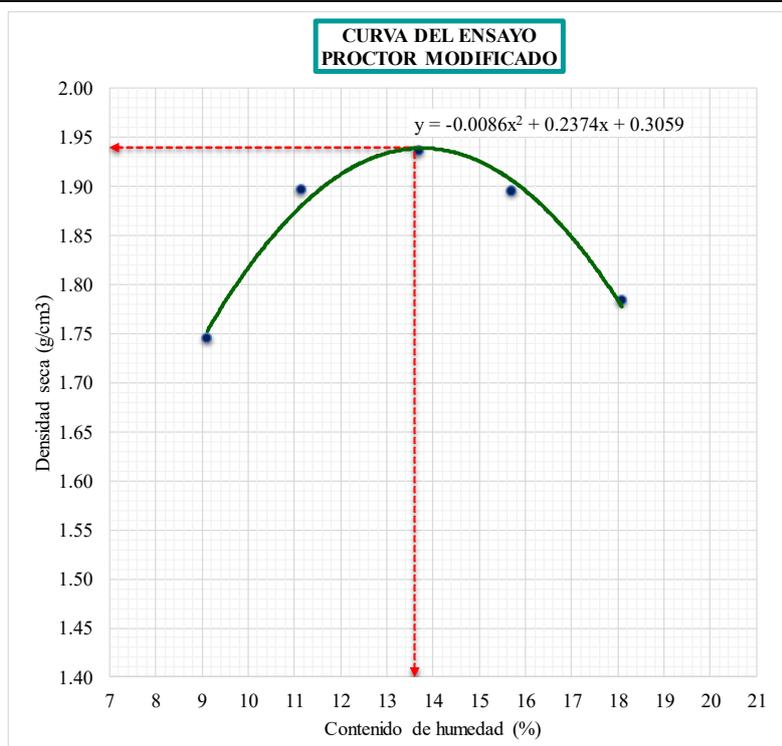
Muestra N°:	01	02	03	04	05
Peso del molde (g):	2020.96	2020.96	2020.96	2020.96	2020.96
Muestra compactada + Peso del molde (g):	3774.80	3963.05	4049.78	4040.63	3961.22
Peso de muestra compactada (g):	1753.84	1942.09	2028.82	2019.67	1940.26
Densidad húmeda (g/cm ³):	1.90	2.11	2.20	2.19	2.11

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Muestra N°:	01		02		03		04		05	
	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
Peso de cápsula (g):	62.77	62.03	61.25	64.52	56.14	59.82	64.13	55.65	58.82	58.63
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	78.60	70.41	74.70	82.96	71.50	75.94	85.35	77.26	77.06	73.78
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	77.24	69.73	73.58	80.81	69.65	74	82.55	74.25	74.35	71.39
Peso del agua (g):	1.36	0.68	1.12	2.15	1.85	1.94	2.80	3.01	2.71	2.39
Muestra seca (g):	14.47	7.70	12.33	16.29	13.51	14.18	18.42	18.60	15.53	12.76
Contenido de humedad (%):	9.40	8.83	9.08	13.20	13.69	13.68	15.20	16.18	17.45	18.73

Humedad promedio (%): 9.11 11.14 13.69 15.69 18.09

Densidad seca(g/cm³): 1.74 1.90 1.94 1.89 1.78



DENSIDAD SECA MÁXIMA: 1.94 g/cm ³
HUMEDAD ÓPTIMA: 13.60 %

Resultado del ensayo de Proctor modificado del tratamiento TP5-03



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



PROCTOR MODIFICADO

MTC E 115, AASHTO T180-70 y ASTM D1557-70

DATOS GENERALES

Calicata: C-5
 Tipo de suelo: A-4 (1)
 Repetición: 3

Adición de Proes: 0.00 %
 Adición de Con-Aid: 0.01 %
 Adición de cemento IP: 1.50 %

DATOS DEL ENSAYO

Método: A Diámetro del molde: 10.10 cm Altura de caída del martillo: 30.03 cm
 Golpe/capa: 25 Altura del molde: 11.50 cm Peso del martillo: 3.67 Kg
 N° de capas: 5 Volumen del molde: 921.36 cm³

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD

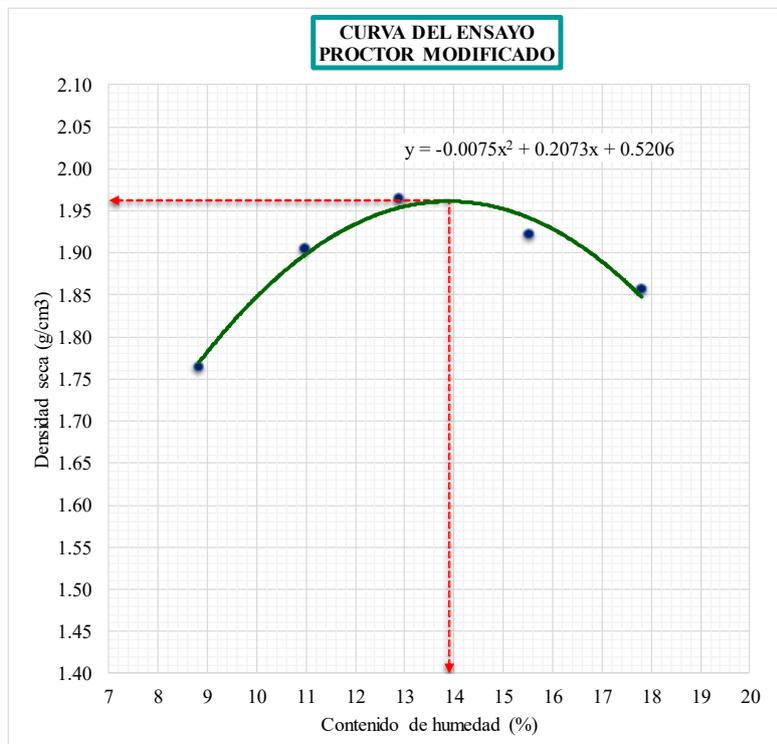
Muestra N°:	01	02	03	04	05
Peso del molde (g):	1983.57	1983.57	1983.57	1983.57	1983.57
Muestra compactada + Peso del molde (g):	3752.75	3931.03	4026.85	4028.76	3998.19
Peso de muestra compactada (g):	1769.18	1947.46	2043.28	2045.19	2014.62
Densidad húmeda (g/cm ³):	1.92	2.11	2.22	2.22	2.19

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Muestra N°:	01		02		03		04		05	
	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
Peso de cápsula (g):	57.31	57.05	58.86	56.55	56.64	58.14	57.85	61.91	54.82	61.2
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	65.16	66.96	72.38	69.31	73.06	69.34	68.31	78.19	74.92	80.39
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	64.60	66.06	71.04	68.05	71.10	68.12	66.94	75.95	71.89	77.48
Peso del agua (g):	0.56	0.90	1.34	1.26	1.96	1.22	1.37	2.24	3.03	2.91
Muestra seca (g):	7.29	9.01	12.18	11.50	14.46	9.98	9.09	14.04	17.07	16.28
Contenido de humedad (%):	7.68	9.99	11.00	10.96	13.55	12.22	15.07	15.95	17.75	17.87

Humedad promedio (%): 8.84 10.98 12.89 15.51 17.81

Densidad seca(g/cm³): 1.76 1.90 1.96 1.92 1.86



DENSIDAD SECA MÁXIMA: 1.96 g/cm³
HUMEDAD ÓPTIMA: 13.90 %

Resultado del ensayo de Proctor modificado del tratamiento TP6-01



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



PROCTOR MODIFICADO

MTC E 115, AASHTO T180-70 y ASTM D1557-70

DATOS GENERALES

Calicata: C-5
 Tipo de suelo: A-4 (1)
 Repetición: 1

Adición de Proes: 0.00 %
 Adición de Con-Aid: 0.03 %
 Adición de cemento IP: 1.50 %

DATOS DEL ENSAYO

Método: A	Diámetro del molde: 10.10 cm	Altura de caída del martillo: 30.03 cm
Golpe/capa: 25	Altura del molde: 11.50 cm	Peso del martillo: 3.67 Kg
Nº de capas: 5	Volumen del molde: 921.36 cm ³	

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD

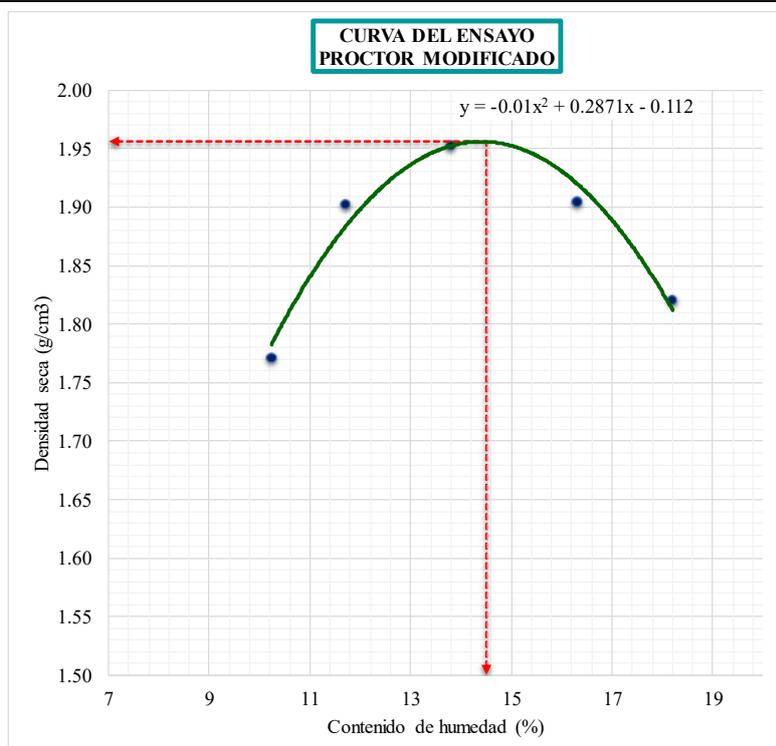
Muestra N°:	01	02	03	04	05
Peso del molde (g):	1986.23	1986.23	1986.23	1986.23	1986.23
Muestra compactada + Peso del molde (g):	3784.96	3944.39	4033.39	4027.28	3968.28
Peso de muestra compactada (g):	1798.73	1958.16	2047.16	2041.05	1982.05
Densidad húmeda (g/cm ³):	1.95	2.13	2.22	2.22	2.15

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Muestra N°:	01		02		03		04		05	
	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
Peso de cápsula (g):	53.45	56.58	58.21	61.19	55.32	53.09	62.71	53.88	57.02	56.78
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	78.88	82.52	83.56	88.81	83.81	74.14	88.17	80.38	78.71	75.6
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	76.60	80.03	80.89	85.93	80.40	71.55	84.68	76.58	75.38	72.69
Peso del agua (g):	2.28	2.49	2.67	2.88	3.41	2.59	3.49	3.80	3.33	2.91
Muestra seca (g):	23.15	23.45	22.68	24.74	25.08	18.46	21.97	22.70	18.36	15.91
Contenido de humedad (%):	9.85	10.62	11.77	11.64	13.60	14.03	15.89	16.74	18.14	18.29

Humedad promedio (%): 10.23 11.71 13.81 16.31 18.21

Densidad seca(g/cm³): 1.77 1.90 1.95 1.90 1.82



DENSIDAD SECA MÁXIMA: 1.96 g/cm ³
HUMEDAD ÓPTIMA: 14.50 %

Resultado del ensayo de Proctor modificado del tratamiento TP6-02



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



PROCTOR MODIFICADO

MTC E 115, AASHTO T180-70 y ASTM D1557-70

DATOS GENERALES

Calicata: C-5
 Tipo de suelo: A-4 (1)
 Repetición: 2

Adición de Proes: 0.00 %
 Adición de Con-Aid: 0.03 %
 Adición de cemento IP: 1.50 %

DATOS DEL ENSAYO

Método: A	Diámetro del molde: 10.10 cm	Altura de caída del martillo: 30.03 cm
Golpe/capa: 25	Altura del molde: 11.50 cm	Peso del martillo: 3.67 Kg
Nº de capas: 5	Volumen del molde: 921.36 cm ³	

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD

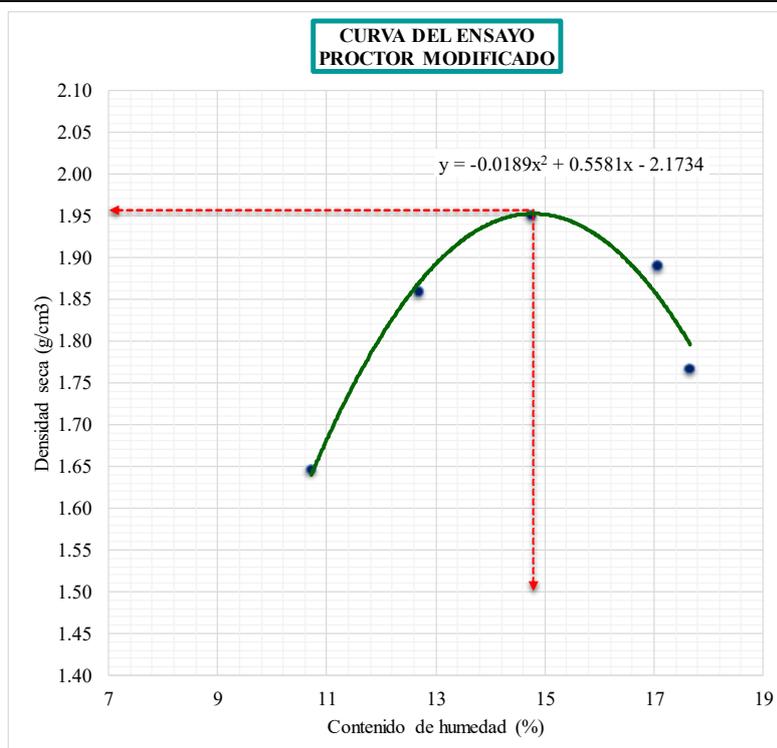
Muestra N°:	01	02	03	04	05
Peso del molde (g):	2020.96	2020.96	2020.96	2020.96	2020.96
Muestra compactada + Peso del molde (g):	3699.11	3950.16	4082.70	4059.94	3935.63
Peso de muestra compactada (g):	1678.15	1929.20	2061.74	2038.98	1914.67
Densidad húmeda (g/cm ³):	1.82	2.09	2.24	2.21	2.08

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Muestra N°:	01		02		03		04		05	
	Superior	Inferior								
Peso de cápsula (g):	23.64	23.74	23.94	23.36	23.44	23.57	23.76	24.37	23.68	23.83
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	39.32	48.68	40.97	45.94	55.56	41.17	40.09	62.08	44.04	55.06
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	37.82	46.24	39.08	43.36	51.63	38.8	37.73	56.53	40.9	50.5
Peso del agua (g):	1.50	2.44	1.89	2.58	3.93	2.37	2.36	5.55	3.14	4.56
Muestra seca (g):	14.18	22.50	15.14	20.00	28.19	15.23	13.97	32.16	17.22	26.67
Contenido de humedad (%):	10.58	10.84	12.48	12.90	13.94	15.56	16.89	17.26	18.23	17.10

Humedad promedio (%): 10.71 12.69 14.75 17.08 17.67

Densidad seca(g/cm³): 1.65 1.86 1.95 1.89 1.77



DENSIDAD SECA MÁXIMA: 1.96 g/cm ³
HUMEDAD ÓPTIMA: 14.80 %

Resultado del ensayo de Proctor modificado del tratamiento TP6-03



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



PROCTOR MODIFICADO

MTC E 115, AASHTO T180-70 y ASTM D1557-70

DATOS GENERALES

Calicata: C-5
 Tipo de suelo: A-4 (1)
 Repetición: 3

Adición de Proes: 0.00 %
 Adición de Con-Aid: 0.03 %
 Adición de cemento IP: 1.50 %

DATOS DEL ENSAYO

Método: A	Diámetro del molde: 10.10 cm	Altura de caída del martillo: 30.03 cm
Golpe/capa: 25	Altura del molde: 11.50 cm	Peso del martillo: 3.67 Kg
Nº de capas: 5	Volumen del molde: 921.36 cm ³	

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD

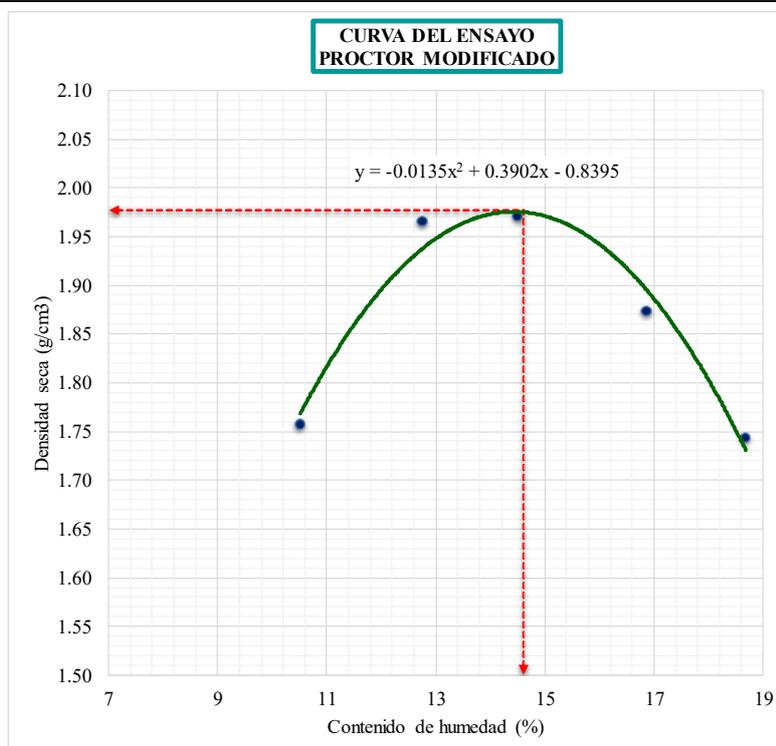
Muestra N°:	01	02	03	04	05
Peso del molde (g):	2020.96	2020.96	2020.96	2020.96	2020.96
Muestra compactada + Peso del molde (g):	3810.11	4062.16	4098.70	4036.94	3927.63
Peso de muestra compactada (g):	1789.15	2041.20	2077.74	2015.98	1906.67
Densidad húmeda (g/cm ³):	1.94	2.22	2.26	2.19	2.07

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Muestra N°:	01		02		03		04		05	
	Superior	Inferior								
Peso de cápsula (g):	21.52	21.62	21.82	21.24	21.32	21.45	21.64	22.25	21.56	21.71
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	37.20	46.56	38.85	43.82	53.44	39.05	37.97	59.96	41.92	52.94
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	35.73	44.15	36.99	41.18	49.54	36.73	35.64	54.46	38.71	48.03
Peso del agua (g):	1.47	2.41	1.86	2.64	3.90	2.32	2.33	5.50	3.21	4.91
Muestra seca (g):	14.21	22.53	15.17	19.94	28.22	15.28	14.00	32.21	17.15	26.32
Contenido de humedad (%):	10.34	10.70	12.26	13.24	13.82	15.18	16.64	17.08	18.72	18.66

Humedad promedio (%): 10.52 12.75 14.50 16.86 18.69

Densidad seca(g/cm³): 1.76 1.96 1.97 1.87 1.74



DENSIDAD SECA MÁXIMA: 1.98 g/cm ³
HUMEDAD ÓPTIMA: 14.60 %

Resultado del ensayo de Proctor modificado del tratamiento T1-01



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



PROCTOR MODIFICADO

MTC E 115, AASHTO T180-70 y ASTM D1557-70

DATOS GENERALES

Calicata: C-5
 Tipo de suelo: A-4 (1)
 Repetición: 1

Adición de Proes: 0.01 %
 Adición de Con-Aid: 0.03 %
 Adición de cemento IP: 0.50 %

DATOS DEL ENSAYO

Método: A	Diámetro del molde: 10.10 cm	Altura de caída del martillo: 30.03 cm
Golpe/capa: 25	Altura del molde: 11.50 cm	Peso del martillo: 3.67 Kg
Nº de capas: 5	Volumen del molde: 921.36 cm ³	

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD

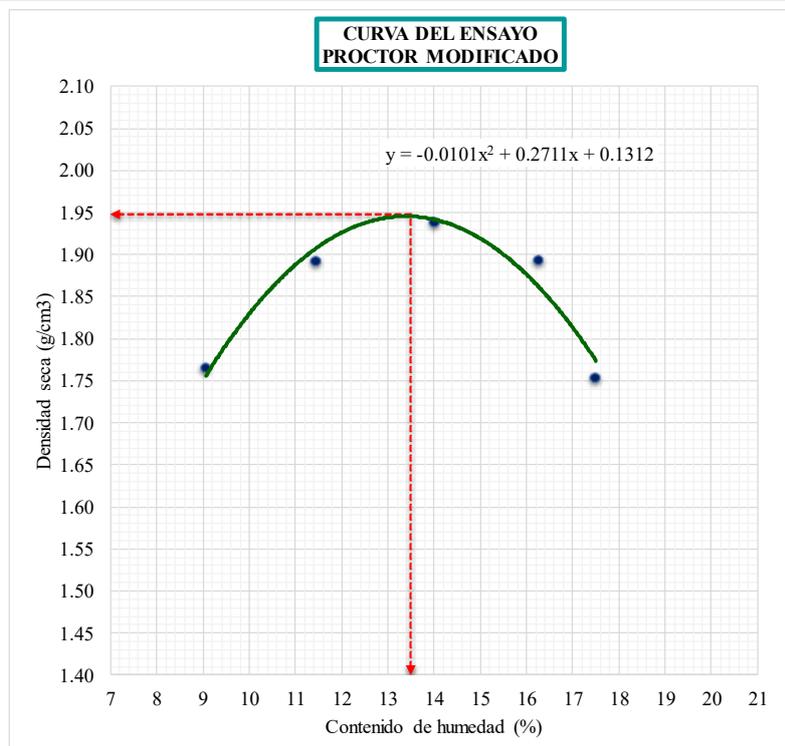
Muestra N°:	01	02	03	04	05
Peso del molde (g):	2020.96	2020.96	2020.96	2020.96	2020.96
Muestra compactada + Peso del molde (g):	3793.80	3964.05	4057.78	4048.63	3919.22
Peso de muestra compactada (g):	1772.84	1943.09	2036.82	2027.67	1898.26
Densidad húmeda (g/cm ³):	1.92	2.11	2.21	2.20	2.06

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Muestra N°:	01		02		03		04		05	
	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
Peso de cápsula (g):	59.53	58.79	58.01	61.28	52.9	56.58	60.89	52.41	55.58	55.39
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	75.36	67.17	71.46	79.72	68.26	72.7	82.11	74.02	73.82	70.54
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	74.09	66.45	70.30	77.53	66.37	70.72	79.27	70.87	71.07	68.31
Peso del agua (g):	1.27	0.72	1.16	2.19	1.89	1.98	2.84	3.15	2.75	2.23
Muestra seca (g):	14.56	7.66	12.29	16.25	13.47	14.14	18.38	18.46	15.49	12.92
Contenido de humedad (%):	8.72	9.40	9.44	13.48	14.03	14.00	15.45	17.06	17.75	17.26

Humedad promedio (%): 9.06 11.46 14.02 16.26 17.51

Densidad seca(g/cm³): 1.76 1.89 1.94 1.89 1.75



DENSIDAD SECA MÁXIMA: 1.95 g/cm ³
HUMEDAD ÓPTIMA: 13.50 %

Resultado del ensayo de Proctor modificado del tratamiento T1-02



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



PROCTOR MODIFICADO

MTC E 115, AASHTO T180-70 y ASTM D1557-70

DATOS GENERALES

Calicata: C-5
 Tipo de suelo: A-4 (1)
 Repetición: 2

Adición de Proes: 0.01 %
 Adición de Con-Aid: 0.03 %
 Adición de cemento IP: 0.50 %

DATOS DEL ENSAYO

Método: A	Diámetro del molde: 10.10 cm	Altura de caída del martillo: 30.03 cm
Golpe/capa: 25	Altura del molde: 11.50 cm	Peso del martillo: 3.67 Kg
Nº de capas: 5	Volumen del molde: 921.36 cm ³	

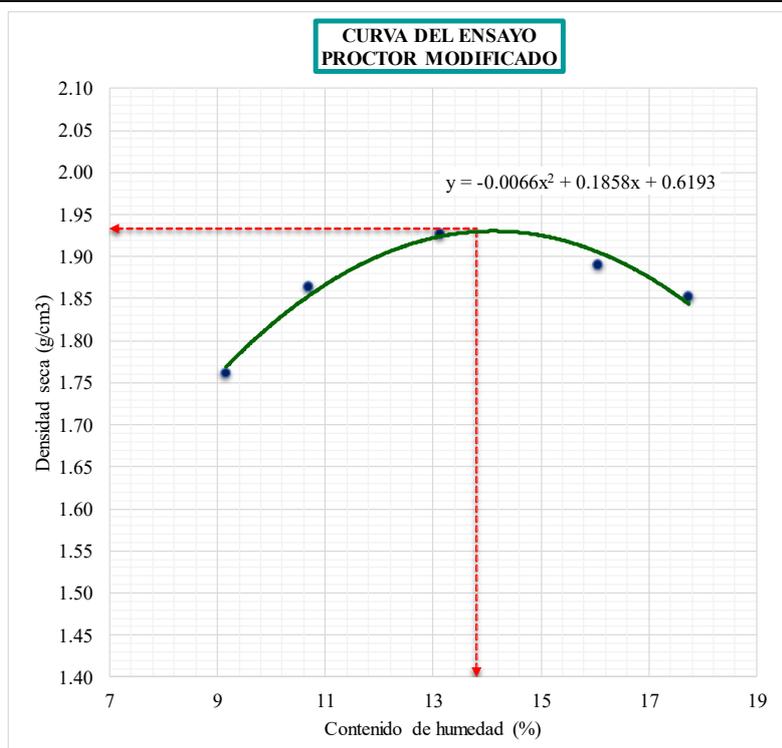
DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD

Muestra N°:	01	02	03	04	05
Peso del molde (g):	1986.85	1986.85	1986.85	1986.85	1986.85
Muestra compactada + Peso del molde (g):	3757.79	3887.2	3995.08	4008.83	3995.83
Peso de muestra compactada (g):	1770.94	1900.35	2008.23	2021.98	2008.98
Densidad húmeda (g/cm ³):	1.92	2.06	2.18	2.19	2.18

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Muestra N°:	01		02		03		04		05	
	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
Peso de cápsula (g):	55.88	57.47	53.48	56.71	55.28	57.91	62.3	56.62	54.76	59.33
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	85.50	73.98	65.02	68.37	70.68	72.54	81.54	79.03	68.27	69.78
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	83.10	72.55	63.96	67.19	68.94	70.8	78.95	75.84	66.24	68.2
Peso del agua (g):	2.40	1.43	1.06	1.18	1.74	1.74	2.59	3.19	2.03	1.58
Muestra seca (g):	27.22	15.08	10.48	10.48	13.66	12.89	16.65	19.22	11.48	8.87
Contenido de humedad (%):	8.82	9.48	10.11	11.26	12.74	13.50	15.56	16.60	17.68	17.81

Humedad promedio (%):	9.15	10.69	13.12	16.08	17.75
Densidad seca(g/cm³):	1.76	1.86	1.93	1.89	1.85



DENSIDAD SECA MÁXIMA: 1.93 g/cm ³
HUMEDAD ÓPTIMA: 13.80 %

Resultado del ensayo de Proctor modificado del tratamiento T1-03



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



PROCTOR MODIFICADO

MTC E 115, AASHTO T180-70 y ASTM D1557-70

DATOS GENERALES

Calicata: C-5
 Tipo de suelo: A-4 (1)
 Repetición: 3

Adición de Proes: 0.01 %
 Adición de Con-Aid: 0.03 %
 Adición de cemento IP: 0.50 %

DATOS DEL ENSAYO

Método: A	Diámetro del molde: 10.10 cm	Altura de caída del martillo: 30.03 cm
Golpe/capa: 25	Altura del molde: 11.50 cm	Peso del martillo: 3.67 Kg
Nº de capas: 5	Volumen del molde: 921.36 cm ³	

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD

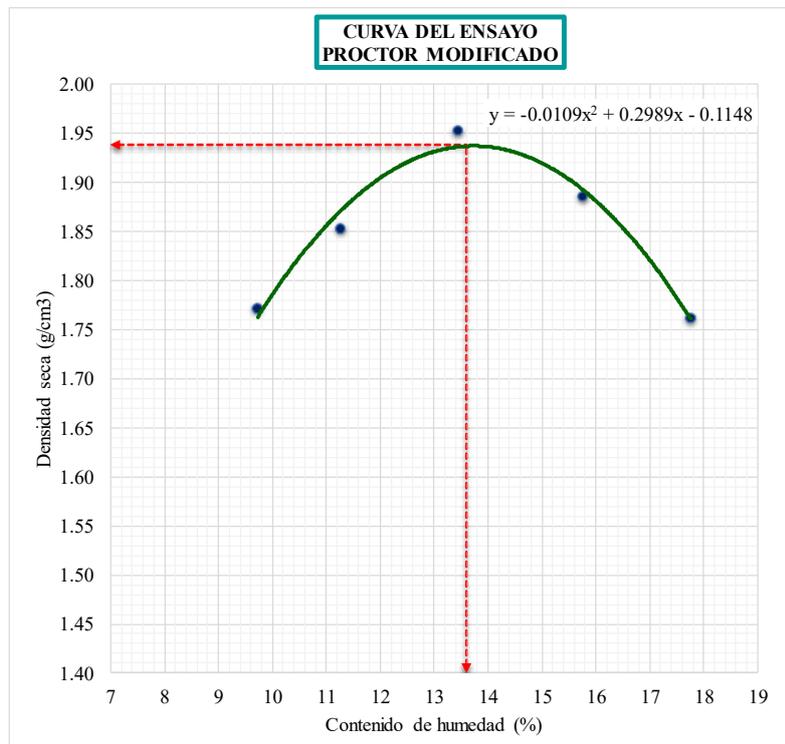
Muestra N°:	01	02	03	04	05
Peso del molde (g):	1986.23	1986.23	1986.23	1986.23	1986.23
Muestra compactada + Peso del molde (g):	3776.66	3885.91	4027.61	3997.49	3897.61
Peso de muestra compactada (g):	1790.43	1899.68	2041.38	2011.26	1911.38
Densidad húmeda (g/cm ³):	1.94	2.06	2.22	2.18	2.07

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Muestra N°:	01		02		03		04		05	
	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
Peso de cápsula (g):	59.8	58.98	58.22	61.44	53.11	56.77	61.11	52.62	55.76	55.58
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	74.47	75.69	74.39	79.30	68.27	73.39	78	71.33	85.84	74.73
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	73.15	74.23	72.77	77.47	66.51	71.38	75.7	68.78	81.37	71.8
Peso del agua (g):	1.32	1.46	1.62	1.83	1.76	2.01	2.30	2.55	4.47	2.93
Muestra seca (g):	13.35	15.25	14.55	16.03	13.40	14.61	14.59	16.16	25.61	16.22
Contenido de humedad (%):	9.89	9.57	11.13	11.42	13.13	13.76	15.76	15.78	17.45	18.06

Humedad promedio (%): 9.73 11.28 13.45 15.77 17.76

Densidad seca(g/cm³): 1.77 1.85 1.95 1.89 1.76



DENSIDAD SECA MÁXIMA: 1.94 g/cm ³
HUMEDAD ÓPTIMA: 13.60 %

Resultado del ensayo de Proctor modificado del tratamiento T2-01



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



PROCTOR MODIFICADO

MTC E 115, AASHTO T180-70 y ASTM D1557-70

DATOS GENERALES

Calicata: C-5
 Tipo de suelo: A-4 (1)
 Repetición: 1

Adición de Proes: 0.03 %
 Adición de Con-Aid: 0.03 %
 Adición de cemento IP: 1.50 %

DATOS DEL ENSAYO

Método: A	Diámetro del molde: 10.10 cm	Altura de caída del martillo: 30.03 cm
Golpe/capa: 25	Altura del molde: 11.50 cm	Peso del martillo: 3.67 Kg
Nº de capas: 5	Volumen del molde: 921.36 cm ³	

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD

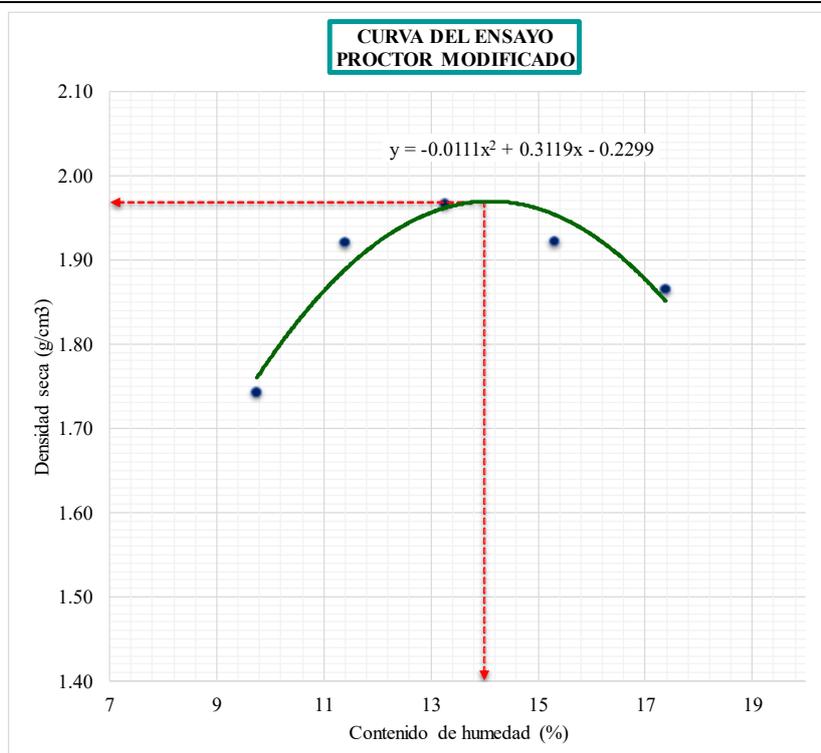
Muestra N°:	01	02	03	04	05
Peso del molde (g):	2020.96	2020.96	2020.96	2020.96	2020.96
Muestra compactada + Peso del molde (g):	3782.61	3991.91	4071.95	4063.18	4038.09
Peso de muestra compactada (g):	1761.65	1970.95	2050.99	2042.22	2017.13
Densidad húmeda (g/cm ³):	1.91	2.14	2.23	2.22	2.19

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Muestra N°:	01		02		03		04		05	
	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
Peso de cápsula (g):	56.16	58.51	54.2	55.74	56.37	56.51	56.84	57.87	56.69	49.64
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	88.90	100.62	82.23	86.06	84.40	91.91	86.63	90.7	86.88	84.72
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	85.89	97.01	79.31	83.01	81.13	87.75	82.72	86.29	82.43	79.5
Peso del agua (g):	3.01	3.61	2.92	3.05	3.27	4.16	3.91	4.41	4.45	5.22
Muestra seca (g):	29.73	38.50	25.11	27.27	24.76	31.24	25.88	28.42	25.74	29.86
Contenido de humedad (%):	10.12	9.38	11.63	11.18	13.21	13.32	15.11	15.52	17.29	17.48

Humedad promedio (%): 9.75 11.41 13.26 15.31 17.38

Densidad seca(g/cm³): 1.74 1.92 1.97 1.92 1.87



DENSIDAD SECA MÁXIMA: 1.97 g/cm³

HUMEDAD ÓPTIMA: 14.00 %

Resultado del ensayo de Proctor modificado del tratamiento T2-02



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



PROCTOR MODIFICADO

MTC E 115, AASHTO T180-70 y ASTM D1557-70

DATOS GENERALES

Calicata: C-5
 Tipo de suelo: A-4 (1)
 Repetición: 2

Adición de Proes: 0.03 %
 Adición de Con-Aid: 0.03 %
 Adición de cemento IP: 1.50 %

DATOS DEL ENSAYO

Método: A	Diámetro del molde: 10.10 cm	Altura de caída del martillo: 30.03 cm
Golpe/capa: 25	Altura del molde: 11.50 cm	Peso del martillo: 3.67 Kg
Nº de capas: 5	Volumen del molde: 921.36 cm ³	

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD

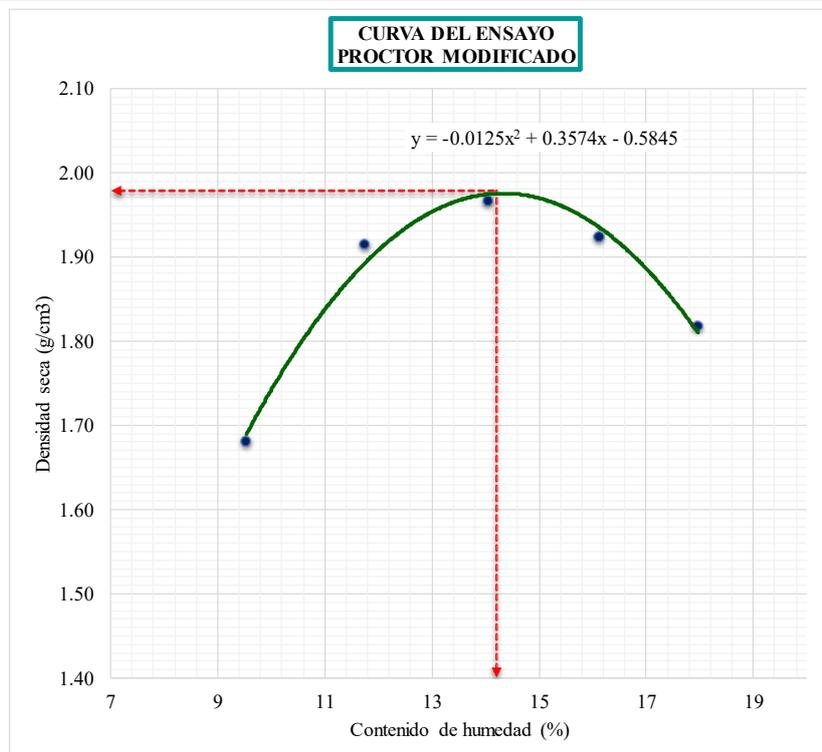
Muestra N°:	01	02	03	04	05
Peso del molde (g):	2020.96	2020.96	2020.96	2020.96	2020.96
Muestra compactada + Peso del molde (g):	3717.61	3991.91	4086.95	4078.18	3997.09
Peso de muestra compactada (g):	1696.65	1970.95	2065.99	2057.22	1976.13
Densidad húmeda (g/cm ³):	1.84	2.14	2.24	2.23	2.14

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Muestra N°:	01		02		03		04		05	
	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
Peso de cápsula (g):	60.4	62.75	58.44	59.98	60.61	60.75	61.08	62.11	60.93	53.88
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	93.14	104.86	86.47	90.30	88.64	96.15	90.87	94.94	91.12	88.96
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	90.43	101.01	83.57	87.06	85.18	91.8	86.77	90.34	86.58	83.55
Peso del agua (g):	2.71	3.85	2.90	3.24	3.46	4.35	4.10	4.60	4.54	5.41
Muestra seca (g):	30.03	38.26	25.13	27.08	24.57	31.05	25.69	28.23	25.65	29.67
Contenido de humedad (%):	9.02	10.06	11.54	11.96	14.08	14.01	15.96	16.29	17.70	18.23

Humedad promedio (%):	9.54	11.75	14.05	16.13	17.97
------------------------------	------	-------	-------	-------	-------

Densidad seca(g/cm³):	1.68	1.91	1.97	1.92	1.82
---	------	------	------	------	------



DENSIDAD SECA MÁXIMA: 1.98 g/cm³

HUMEDAD ÓPTIMA: 14.20 %

Resultado del ensayo de Proctor modificado del tratamiento T2-03



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



PROCTOR MODIFICADO

MTC E 115, AASHTO T180-70 y ASTM D1557-70

DATOS GENERALES

Calicata: C-5
 Tipo de suelo: A-4 (1)
 Repetición: 3

Adición de Proes: 0.03 %
 Adición de Con-Aid: 0.03 %
 Adición de cemento IP: 1.50 %

DATOS DEL ENSAYO

Método: A	Diámetro del molde: 10.10 cm	Altura de caída del martillo: 30.03 cm
Golpe/capa: 25	Altura del molde: 11.50 cm	Peso del n 3.67 Kg
Nº de capas: 5	Volumen del molde: 921.36 cm ³	

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD

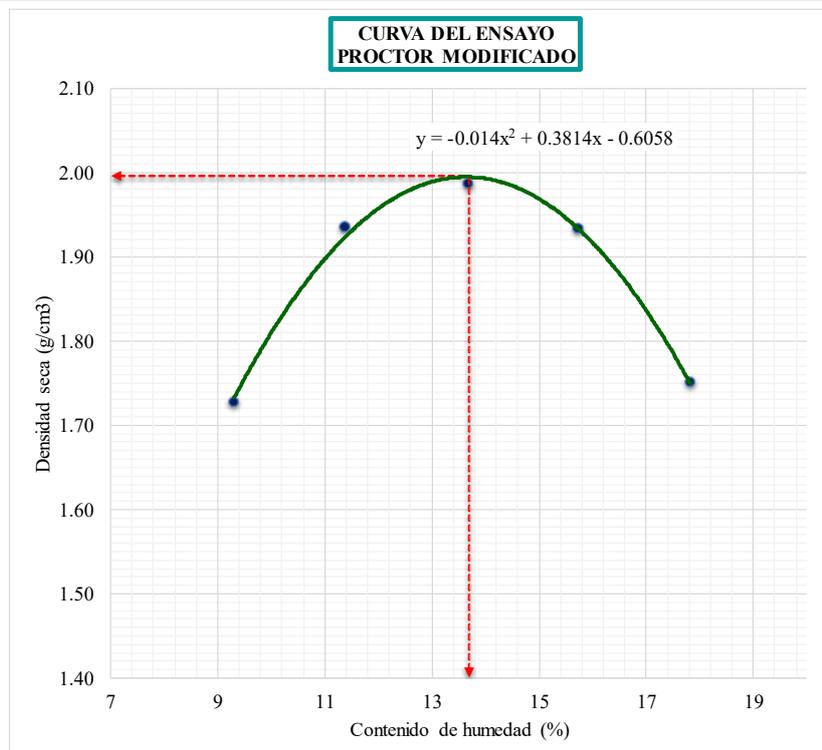
Muestra N°:	01	02	03	04	05
Peso del molde (g):	2020.96	2020.96	2020.96	2020.96	2020.96
Muestra compactada + Peso del molde (g):	3761.72	4006.02	4101.06	4082.29	3922.20
Peso de muestra compactada (g):	1740.76	1985.06	2080.10	2061.33	1901.24
Densidad húmeda (g/cm ³):	1.89	2.15	2.26	2.24	2.06

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Muestra N°:	01		02		03		04		05	
	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
Peso de cápsula (g):	58.28	60.63	56.32	57.86	58.49	58.63	58.96	59.99	58.81	51.76
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	91.02	102.74	84.35	88.18	86.52	94.03	88.75	92.82	89	86.84
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	88.32	99.04	81.54	85.03	83.15	89.77	84.74	88.31	84.55	81.4
Peso del agua (g):	2.70	3.70	2.81	3.15	3.37	4.26	4.01	4.51	4.45	5.44
Muestra seca (g):	30.04	38.41	25.22	27.17	24.66	31.14	25.78	28.32	25.74	29.64
Contenido de humedad (%):	8.99	9.63	11.14	11.59	13.67	13.68	15.55	15.93	17.29	18.35

Humedad promedio (%):	9.31	11.37	13.67	15.74	17.82
------------------------------	------	-------	-------	-------	-------

Densidad seca(g/cm³):	1.73	1.93	1.99	1.93	1.75
---	------	------	------	------	------



DENSIDAD SECA MÁXIMA: 2.00 g/cm³

HUMEDAD ÓPTIMA: 13.70 %

Resultado del ensayo de Proctor modificado del tratamiento T3-01



“INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024”



PROCTOR MODIFICADO

MTC E 115, AASHTO T180-70 y ASTM D1557-70

DATOS GENERALES

Calicata: C-5
 Tipo de suelo: A-4 (1)
 Repetición: 1

Adición de Proes: 0.01 %
 Adición de Con-Aid: 0.01 %
 Adición de cemento IP: 0.50 %

DATOS DEL ENSAYO

Método: A	Diámetro del molde: 10.10 cm	Altura de caída del martillo: 30.03 cm
Golpe/capa: 25	Altura del molde: 11.50 cm	Peso del martillo: 3.67 Kg
Nº de capas: 5	Volumen del molde: 921.36 cm ³	

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD

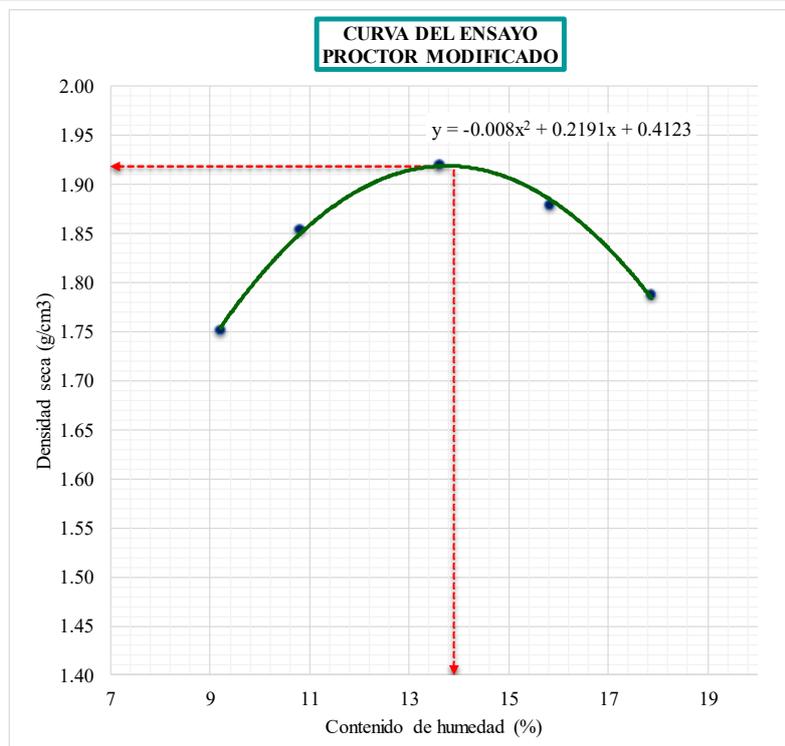
Muestra N°:	01	02	03	04	05
Peso del molde (g):	1986.85	1986.85	1986.85	1986.85	1986.85
Muestra compactada + Peso del molde (g):	3748.79	3879.2	3997.08	3991.83	3927.83
Peso de muestra compactada (g):	1761.94	1892.35	2010.23	2004.98	1940.98
Densidad húmeda (g/cm ³):	1.91	2.05	2.18	2.18	2.11

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Muestra N°:	01		02		03		04		05	
	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
Peso de cápsula (g):	60.12	61.71	57.72	60.95	59.52	62.15	66.54	60.86	59	63.57
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	89.74	78.22	69.26	72.61	74.92	76.78	85.78	83.27	72.51	74.02
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	87.33	76.78	68.19	71.42	73.07	75.03	83.18	80.17	70.47	72.43
Peso del agua (g):	2.41	1.44	1.07	1.19	1.85	1.75	2.60	3.10	2.04	1.59
Muestra seca (g):	27.21	15.07	10.47	10.47	13.55	12.88	16.64	19.31	11.47	8.86
Contenido de humedad (%):	8.86	9.56	10.22	11.37	13.65	13.59	15.62	16.05	17.79	17.95

Humedad promedio (%): 9.21 10.79 13.62 15.84 17.87

Densidad seca(g/cm³): 1.75 1.85 1.92 1.88 1.79



DENSIDAD SECA MÁXIMA: 1.92 g/cm ³
HUMEDAD ÓPTIMA: 13.90 %

Resultado del ensayo de Proctor modificado del tratamiento T3-02



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



PROCTOR MODIFICADO

MTC E 115, AASHTO T180-70 y ASTM D1557-70

DATOS GENERALES

Calicata: C-5
 Tipo de suelo: A-4 (1)
 Repetición: 2

Adición de Proes: 0.01 %
 Adición de Con-Aid: 0.01 %
 Adición de cemento IP: 0.50 %

DATOS DEL ENSAYO

Método: A	Diámetro del molde: 10.10 cm	Altura de caída del martillo: 30.03 cm
Golpe/capa: 25	Altura del molde: 11.50 cm	Peso del martillo: 3.67 Kg
Nº de capas: 5	Volumen del molde: 921.36 cm ³	

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD

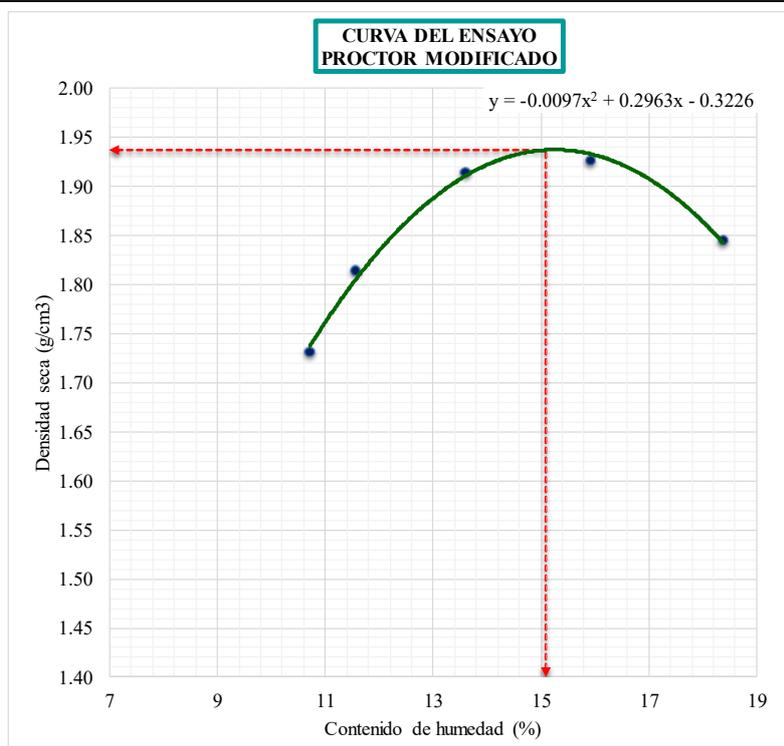
Muestra N°:	01	02	03	04	05
Peso del molde (g):	1986.23	1986.23	1986.23	1986.23	1986.23
Muestra compactada + Peso del molde (g):	3752.10	3850.53	3989.12	4044.57	3998.78
Peso de muestra compactada (g):	1765.87	1864.30	2002.89	2058.34	2012.55
Densidad húmeda (g/cm ³):	1.92	2.02	2.17	2.23	2.18

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Muestra N°:	01		02		03		04		05	
	Superior	Inferior								
Peso de cápsula (g):	57.18	61.72	59.15	52.77	55.06	55.61	27.58	19.43	60.08	52.35
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	72.69	77.52	76.76	74.82	75.11	80.46	66.87	38.5	77.18	77.38
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	71.18	76.00	75.04	72.40	72.68	77.52	61.6	35.82	74.59	73.4
Peso del agua (g):	1.51	1.52	1.72	2.42	2.43	2.94	5.27	2.68	2.59	3.98
Muestra seca (g):	14.00	14.28	15.89	19.63	17.62	21.91	34.02	16.39	14.51	21.05
Contenido de humedad (%):	10.79	10.64	10.82	12.33	13.79	13.42	15.49	16.35	17.85	18.91

Humedad promedio (%): 10.71 11.58 13.60 15.92 18.38

Densidad seca(g/cm³): 1.73 1.81 1.91 1.93 1.85



DENSIDAD SECA MÁXIMA: 1.94 g/cm³

HUMEDAD ÓPTIMA: 15.10 %

Resultado del ensayo de Proctor modificado del tratamiento T3-03



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



PROCTOR MODIFICADO

MTC E 115, AASHTO T180-70 y ASTM D1557-70

DATOS GENERALES

Calicata: C-5
 Tipo de suelo: A-4 (1)
 Repetición: 3

Adición de Proes: 0.01 %
 Adición de Con-Aid: 0.01 %
 Adición de cemento IP: 0.50 %

DATOS DEL ENSAYO

Método: A	Diámetro del molde: 10.10 cm	Altura de caída del martillo: 30.03 cm
Golpe/capa: 25	Altura del molde: 11.50 cm	Peso del martillo: 3.67 Kg
Nº de capas: 5	Volumen del molde: 921.36 cm ³	

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD

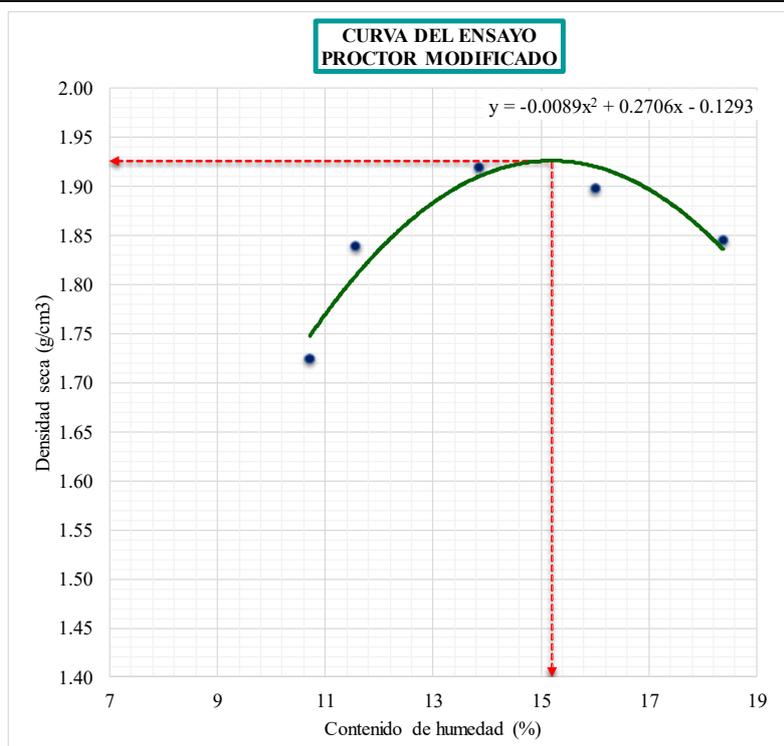
Muestra N°:	01	02	03	04	05
Peso del molde (g):	1986.23	1986.23	1986.23	1986.23	1986.23
Muestra compactada + Peso del molde (g):	3745.10	3876.53	3999.12	4014.57	3998.78
Peso de muestra compactada (g):	1758.87	1890.30	2012.89	2028.34	2012.55
Densidad húmeda (g/cm ³):	1.91	2.05	2.18	2.20	2.18

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Muestra N°:	01		02		03		04		05	
	Superior	Inferior								
Peso de cápsula (g):	61.42	65.96	63.39	57.01	59.3	59.85	31.82	23.67	64.32	56.59
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	76.93	81.76	81.00	79.06	79.35	84.7	71.11	42.74	81.42	81.62
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	75.42	80.24	79.28	76.64	76.92	81.66	65.84	40.03	78.83	77.64
Peso del agua (g):	1.51	1.52	1.72	2.42	2.43	3.04	5.27	2.71	2.59	3.98
Muestra seca (g):	14.00	14.28	15.89	19.63	17.62	21.81	34.02	16.36	14.51	21.05
Contenido de humedad (%):	10.79	10.64	10.82	12.33	13.79	13.94	15.49	16.56	17.85	18.91

Humedad promedio (%): 10.71 11.58 13.86 16.03 18.38

Densidad seca(g/cm³): 1.72 1.84 1.92 1.90 1.85



DENSIDAD SECA MÁXIMA: 1.93 g/cm ³
HUMEDAD ÓPTIMA: 15.20 %

Resultado del ensayo de Proctor modificado del tratamiento T4-01



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



PROCTOR MODIFICADO

MTC E 115, AASHTO T180-70 y ASTM D1557-70

DATOS GENERALES

Calicata: C-5
 Tipo de suelo: A-4 (1)
 Repetición: 1

Adición de Proes: 0.03 %
 Adición de Con-Aid: 0.01 %
 Adición de cemento IP: 1.50 %

DATOS DEL ENSAYO

Método: A	Diámetro del molde: 10.10 cm	Altura de caída del martillo: 30.03 cm
Golpe/capa: 25	Altura del molde: 11.50 cm	Peso del martillo: 3.67 Kg
Nº de capas: 5	Volumen del molde: 921.36 cm ³	

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD

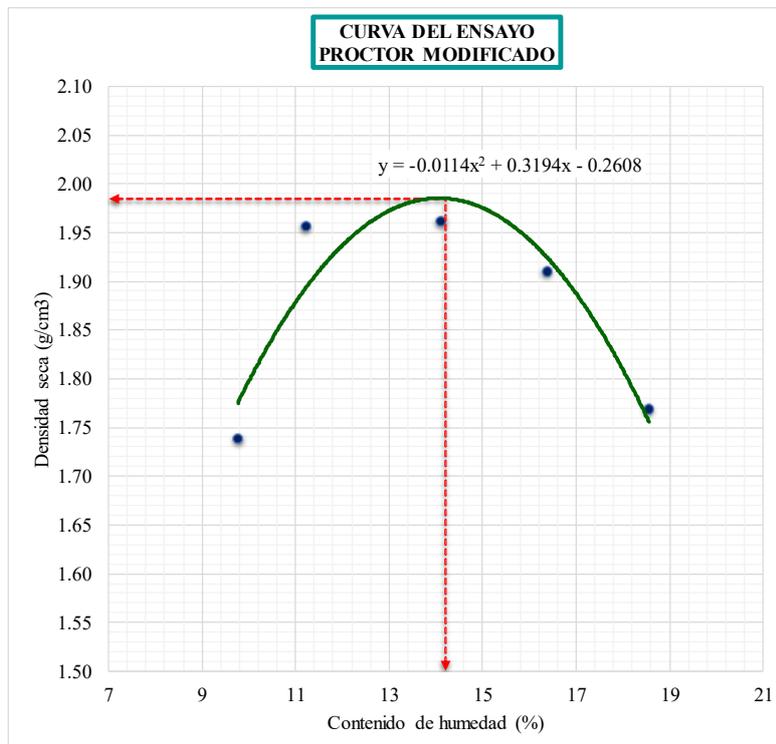
Muestra N°:	01	02	03	04	05
Peso del molde (g):	1983.48	1983.48	1983.48	1983.48	1983.48
Muestra compactada + Peso del molde (g):	3741.68	3988.00	4045.05	4031.62	3914.65
Peso de muestra compactada (g):	1758.20	2004.52	2061.57	2048.14	1931.17
Densidad húmeda (g/cm ³):	1.91	2.18	2.24	2.22	2.10

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Muestra N°:	01		02		03		04		05	
	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
Peso de cápsula (g):	55.21	54.94	56.75	54.43	54.68	56.01	55.72	59.77	56.68	59.08
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	64.32	60.47	68.20	66.21	74.61	69.9	75.76	76.38	76.5	82.49
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	63.49	59.99	66.97	65.10	72.12	68.2	73	73.99	73.41	78.81
Peso del agua (g):	0.83	0.48	1.23	1.11	2.49	1.70	2.76	2.39	3.09	3.68
Muestra seca (g):	8.28	5.05	10.22	10.67	17.44	12.19	17.28	14.22	16.73	19.73
Contenido de humedad (%):	10.02	9.50	12.04	10.40	14.28	13.95	15.97	16.81	18.47	18.65

Humedad promedio (%): 9.76 11.22 14.11 16.39 18.56

Densidad seca(g/cm³): 1.74 1.96 1.96 1.91 1.77



DENSIDAD SECA MÁXIMA: 1.98 g/cm³
 HUMEDAD ÓPTIMA: 14.20 %

Resultado del ensayo de Proctor modificado del tratamiento T4-02



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



PROCTOR MODIFICADO

MTC E 115, AASHTO T180-70 y ASTM D1557-70

DATOS GENERALES

Calicata: C-5
 Tipo de suelo: A-4 (1)
 Repetición: 2

Adición de Proes: 0.03 %
 Adición de Con-Aid: 0.01 %
 Adición de cemento IP: 1.50 %

DATOS DEL ENSAYO

Método: A	Diámetro del molde: 10.10 cm	Altura de caída del martillo: 30.03 cm
Golpe/capa: 25	Altura del molde: 11.50 cm	Peso del martillo: 3.67 Kg
Nº de capas: 5	Volumen del molde: 921.36 cm ³	

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD

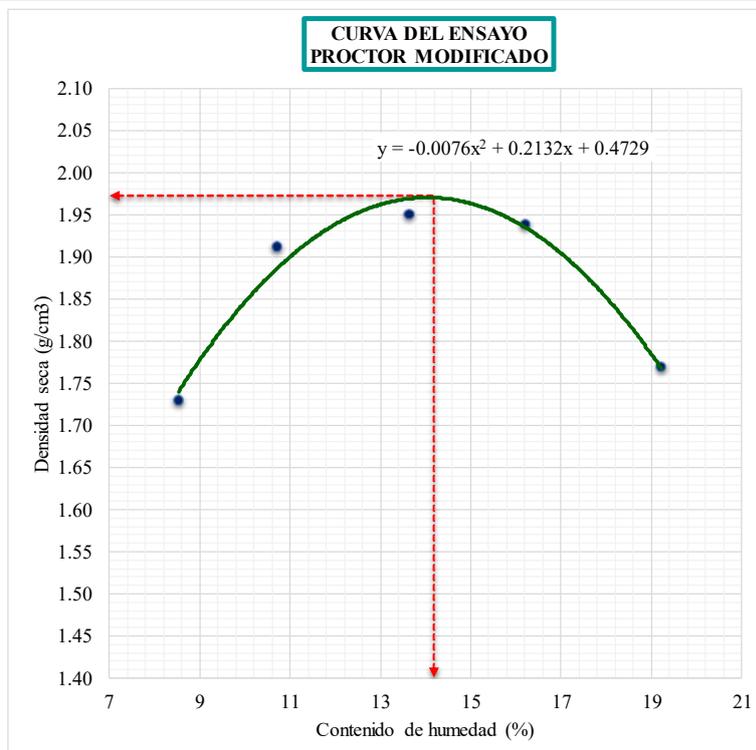
Muestra N°:	01	02	03	04	05
Peso del molde (g):	1983.57	1983.57	1983.57	1983.57	1983.57
Muestra compactada + Peso del molde (g):	3712.49	3934.13	4026.13	4058.13	3927.13
Peso de muestra compactada (g):	1728.92	1950.56	2042.56	2074.56	1943.56
Densidad húmeda (g/cm ³):	1.88	2.12	2.22	2.25	2.11

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Muestra N°:	01		02		03		04		05	
	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
Peso de cápsula (g):	63.86	63.04	62.28	65.5	57.19	60.83	65.18	56.69	59.84	59.64
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	68.63	73.55	73.98	75.35	69.58	74.69	80.11	69.26	81.97	92.14
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	68.27	72.69	72.89	74.36	68.14	72.97	78	67.53	78.48	86.79
Peso del agua (g):	0.36	0.86	1.09	0.99	1.44	1.72	2.11	1.73	3.49	5.35
Muestra seca (g):	4.41	9.65	10.61	8.86	10.95	12.14	12.82	10.84	18.64	27.15
Contenido de humedad (%):	8.16	8.91	10.27	11.17	13.15	14.17	16.46	15.96	18.72	19.71

Humedad promedio (%): 8.54 10.72 13.66 16.21 19.21

Densidad seca(g/cm³): 1.73 1.91 1.95 1.94 1.77



DENSIDAD SECA MÁXIMA: 1.97 g/cm³

HUMEDAD ÓPTIMA: 14.20 %

Resultado del ensayo de Proctor modificado del tratamiento T4-03



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



PROCTOR MODIFICADO

MTC E 115, AASHTO T180-70 y ASTM D1557-70

DATOS GENERALES

Calicata: C-5
 Tipo de suelo: A-4 (1)
 Repetición: 3

Adición de Proes: 0.03 %
 Adición de Con-Aid: 0.01 %
 Adición de cemento IP: 1.50 %

DATOS DEL ENSAYO

Método: A	Diámetro del molde: 10.10 cm	Altura de caída del martillo: 30.03 cm
Golpe/capa: 25	Altura del molde: 11.50 cm	Peso del martillo: 3.67 Kg
Nº de capas: 5	Volumen del molde: 921.36 cm ³	

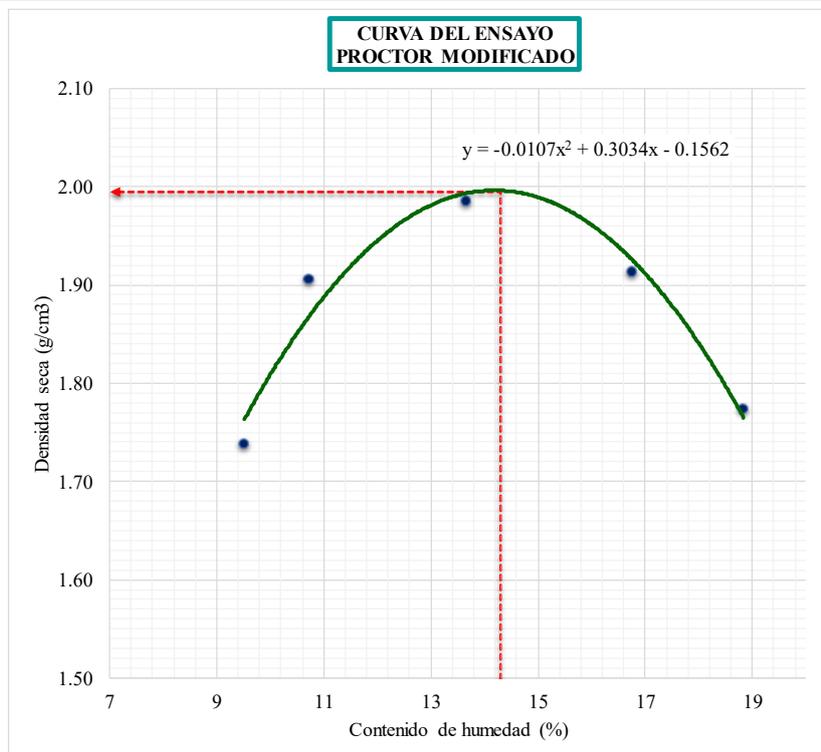
DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD

Muestra N°:	01	02	03	04	05
Peso del molde (g):	1983.57	1983.57	1983.57	1983.57	1983.57
Muestra compactada + Peso del molde (g):	3737.36	3928.00	4062.00	4042.00	3925.00
Peso de muestra compactada (g):	1753.79	1944.43	2078.43	2058.43	1941.43
Densidad húmeda (g/cm ³):	1.90	2.11	2.26	2.23	2.11

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Muestra N°:	01		02		03		04		05	
	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
Peso de cápsula (g):	61.74	60.92	60.16	63.38	55.07	58.71	63.06	54.57	57.72	57.52
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	66.51	71.43	71.86	73.23	67.46	72.57	77.99	67.14	79.85	90.02
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	66.08	70.55	70.77	72.24	66.02	70.85	75.88	65.31	76.36	84.84
Peso del agua (g):	0.43	0.88	1.09	0.99	1.44	1.72	2.11	1.83	3.49	5.18
Muestra seca (g):	4.34	9.63	10.61	8.86	10.95	12.14	12.82	10.74	18.64	27.32
Contenido de humedad (%):	9.91	9.14	10.27	11.17	13.15	14.17	16.46	17.04	18.72	18.96

Humedad promedio (%):	9.52	10.72	13.66	16.75	18.84
Densidad seca(g/cm³):	1.74	1.91	1.98	1.91	1.77



DENSIDAD SECA MÁXIMA: 1.99 g/cm³
 HUMEDAD ÓPTIMA: 14.30 %

Resultado del ensayo de Proctor modificado del tratamiento T5-01



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



PROCTOR MODIFICADO

MTC E 115, AASHTO T180-70 y ASTM D1557-70

DATOS GENERALES

Calicata: C-5
 Tipo de suelo: A-4 (1)
 Repetición: 1

Adición de Proes: 0.03 %
 Adición de Con-Aid: 0.03 %
 Adición de cemento IP: 0.50 %

DATOS DEL ENSAYO

Método: A	Diámetro del molde: 10.10 cm	Altura de caída del martillo: 30.03 cm
Golpe/capa: 25	Altura del molde: 11.50 cm	Peso del martillo: 3.67 Kg
Nº de capas: 5	Volumen del molde: 921.36 cm ³	

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD

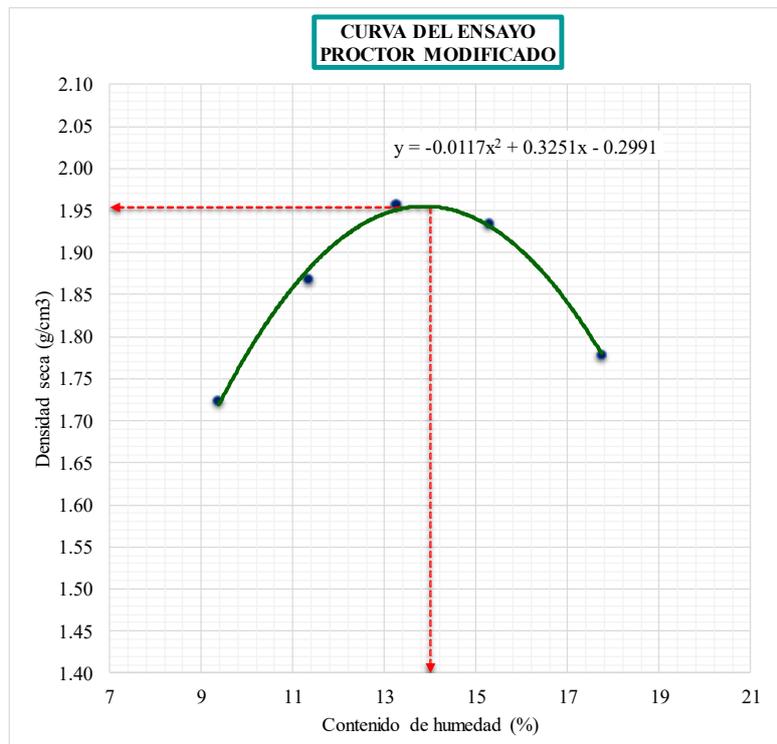
Muestra N°:	01	02	03	04	05
Peso del molde (g):	1983.57	1983.57	1983.57	1983.57	1983.57
Muestra compactada + Peso del molde (g):	3720.75	3901.03	4026.85	4037.76	3912.19
Peso de muestra compactada (g):	1737.18	1917.46	2043.28	2054.19	1928.62
Densidad húmeda (g/cm ³):	1.89	2.08	2.22	2.23	2.09

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Muestra N°:	01		02		03		04		05	
	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
Peso de cápsula (g):	55.19	54.93	56.74	54.43	54.52	56.02	55.73	59.79	52.7	59.08
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	63.04	64.84	70.26	67.19	70.94	67.22	66.19	76.07	72.8	78.27
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	62.44	63.90	68.88	65.89	68.94	65.96	64.88	73.79	69.73	75.42
Peso del agua (g):	0.60	0.94	1.38	1.30	2.00	1.26	1.31	2.28	3.07	2.85
Muestra seca (g):	7.25	8.97	12.14	11.46	14.42	9.94	9.15	14.00	17.03	16.34
Contenido de humedad (%):	8.28	10.48	11.37	11.34	13.87	12.68	14.32	16.29	18.03	17.44

Humedad promedio (%): 9.38 11.36 13.27 15.30 17.73

Densidad seca(g/cm³): 1.72 1.87 1.96 1.93 1.78



DENSIDAD SECA MÁXIMA: 1.95 g/cm ³
HUMEDAD ÓPTIMA: 14.00 %

Resultado del ensayo de Proctor modificado del tratamiento T5-02



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



PROCTOR MODIFICADO

MTC E 115, AASHTO T180-70 y ASTM D1557-70

DATOS GENERALES

Calicata: C-5
 Tipo de suelo: A-4 (1)
 Repetición: 2

Adición de Proes: 0.03 %
 Adición de Con-Aid: 0.03 %
 Adición de cemento IP: 0.50 %

DATOS DEL ENSAYO

Método: A	Diámetro del molde: 10.10 cm	Altura de caída del martillo: 30.03 cm
Golpe/capa: 25	Altura del molde: 11.50 cm	Peso del martillo: 3.67 Kg
Nº de capas: 5	Volumen del molde: 921.36 cm ³	

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD

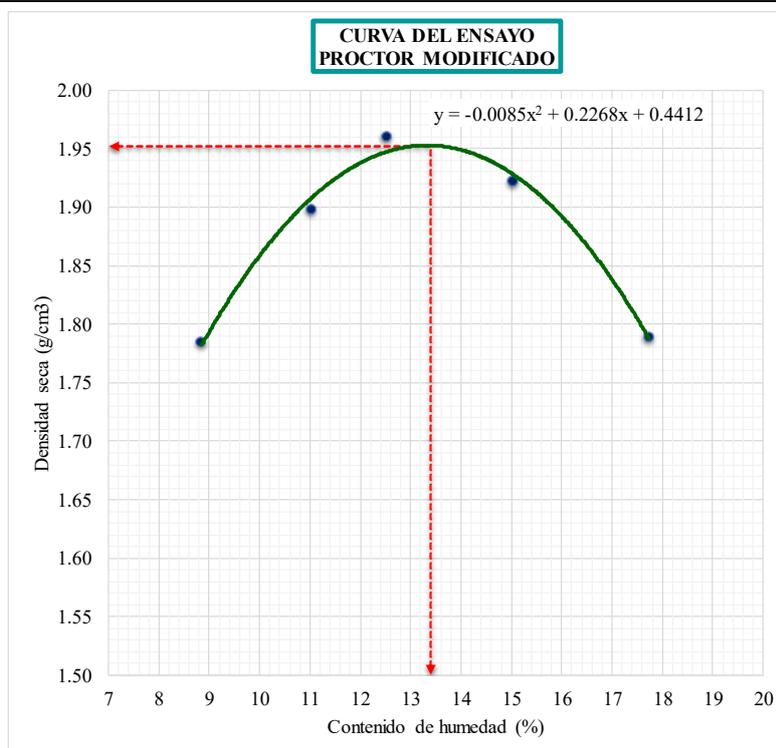
Muestra N°:	01	02	03	04	05
Peso del molde (g):	1986.23	1986.23	1986.23	1986.23	1986.23
Muestra compactada + Peso del molde (g):	3775.90	3927.51	4018.84	4024.04	3926.29
Peso de muestra compactada (g):	1789.67	1941.28	2032.61	2037.81	1940.06
Densidad húmeda (g/cm ³):	1.94	2.11	2.21	2.21	2.11

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Muestra N°:	01		02		03		04		05	
	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
Peso de cápsula (g):	59.54	59.26	61.06	58.75	58.82	60.34	60.03	64.08	57	63.41
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	72.23	74.63	77.32	73.18	73.65	78.87	79.57	84.01	76	76.55
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	71.19	73.39	75.71	71.74	72.02	76.78	77.07	81.35	73.08	74.61
Peso del agua (g):	1.04	1.24	1.61	1.44	1.63	2.09	2.50	2.66	2.92	1.94
Muestra seca (g):	11.65	14.13	14.65	12.99	13.20	16.44	17.04	17.27	16.08	11.20
Contenido de humedad (%):	8.93	8.78	10.99	11.09	12.35	12.71	14.67	15.40	18.16	17.32

Humedad promedio (%): 8.85 11.04 12.53 15.04 17.74

Densidad seca(g/cm³): 1.78 1.90 1.96 1.92 1.79



DENSIDAD SECA MÁXIMA: 1.95 g/cm³

HUMEDAD ÓPTIMA: 13.40 %

Resultado del ensayo de Proctor modificado del tratamiento T5-03



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



PROCTOR MODIFICADO

MTC E 115, AASHTO T180-70 y ASTM D1557-70

DATOS GENERALES

Calicata: C-5
 Tipo de suelo: A-4 (1)
 Repetición: 3

Adición de Proes: 0.03 %
 Adición de Con-Aid: 0.03 %
 Adición de cemento IP: 0.50 %

DATOS DEL ENSAYO

Método: A	Diámetro del molde: 10.10 cm	Altura de caída del martillo: 30.03 cm
Golpe/capa: 25	Altura del molde: 11.50 cm	Peso del martillo: 3.67 Kg
Nº de capas: 5	Volumen del molde: 921.36 cm ³	

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD

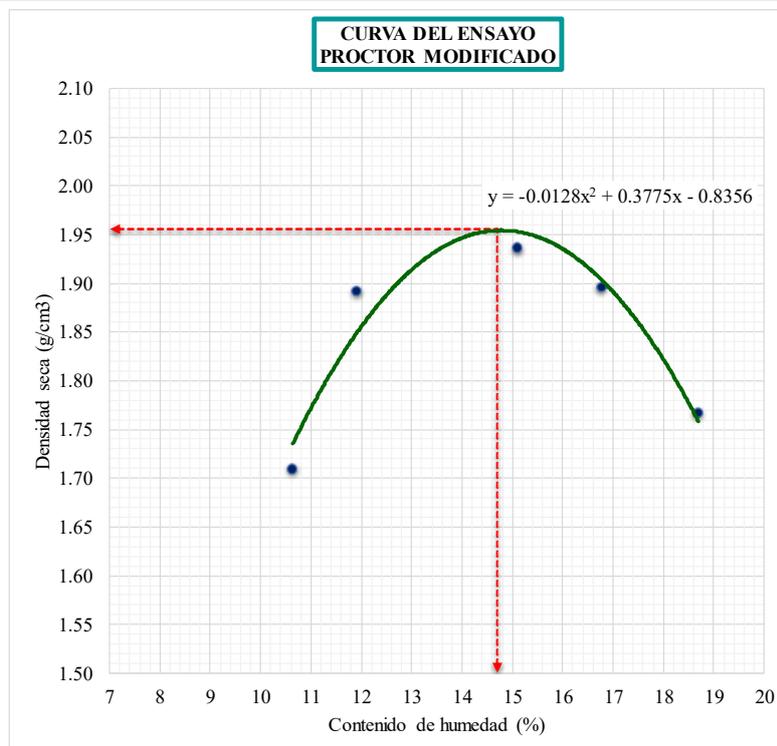
Muestra N°:	01	02	03	04	05
Peso del molde (g):	2020.96	2020.96	2020.96	2020.96	2020.96
Muestra compactada + Peso del molde (g):	3763.63	3971.73	4074.01	4060.2	3953.63
Peso de muestra compactada (g):	1742.67	1950.77	2053.05	2039.24	1932.67
Densidad húmeda (g/cm ³):	1.89	2.12	2.23	2.21	2.10

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Muestra N°:	01		02		03		04		05	
	Superior	Inferior								
Peso de cápsula (g):	21.7	21.44	21.57	22.16	21.6	21.07	21.61	21.22	21.79	21.7
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	34.31	35.79	35.64	35.62	29.37	26.75	30.66	33.2	37.53	30.14
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	33.15	34.35	34.16	34.17	28.44	25.94	29.42	31.4	35.09	28.79
Peso del agua (g):	1.16	1.44	1.48	1.45	0.93	0.81	1.24	1.80	2.44	1.35
Muestra seca (g):	11.45	12.91	12.59	12.01	6.84	4.87	7.81	10.18	13.30	7.09
Contenido de humedad (%):	10.13	11.15	11.76	12.07	13.60	16.63	15.88	17.68	18.35	19.04

Humedad promedio (%): 10.64 11.91 15.11 16.78 18.69

Densidad seca(g/cm³): 1.71 1.89 1.94 1.90 1.77



DENSIDAD SECA MÁXIMA: 1.96 g/cm ³
HUMEDAD ÓPTIMA: 14.70 %

Resultado del ensayo de Proctor modificado del tratamiento T6-01



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



PROCTOR MODIFICADO

MTC E 115, AASHTO T180-70 y ASTM D1557-70

DATOS GENERALES

Calicata: C-5
 Tipo de suelo: A-4 (1)
 Repetición: 1

Adición de Proes: 0.01 %
 Adición de Con-Aid: 0.03 %
 Adición de cemento IP: 1.50 %

DATOS DEL ENSAYO

Método: A	Diámetro del molde: 10.10 cm	Altura de caída del martillo: 30.03 cm
Golpe/capa: 25	Altura del molde: 11.50 cm	Peso del martillo: 3.67 Kg
Nº de capas: 5	Volumen del molde: 921.36 cm ³	

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD

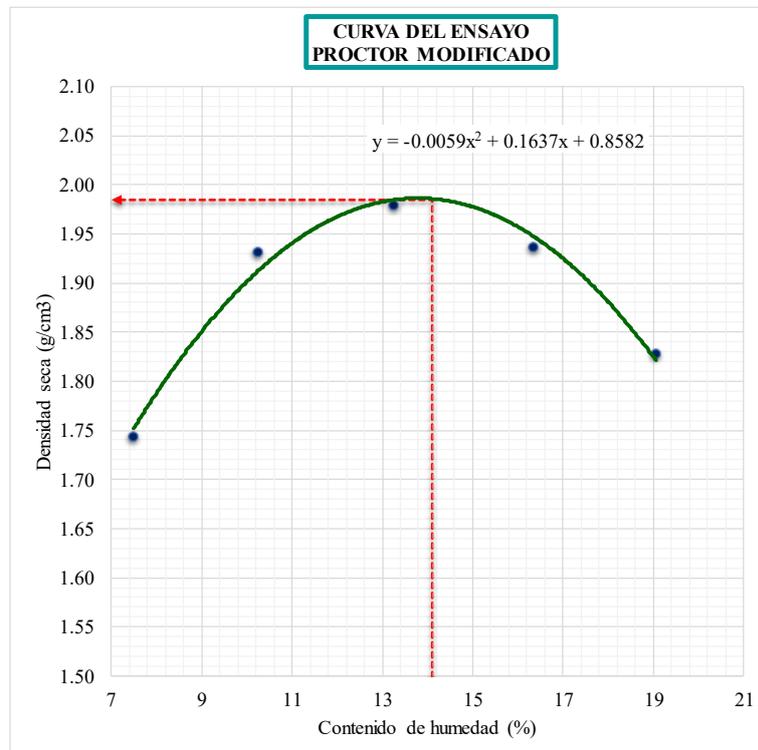
Muestra N°:	01	02	03	04	05
Peso del molde (g):	1983.57	1983.57	1983.57	1983.57	1983.57
Muestra compactada + Peso del molde (g):	3710.60	3945.24	4049.24	4059.24	3988.24
Peso de muestra compactada (g):	1727.03	1961.67	2065.67	2075.67	2004.67
Densidad húmeda (g/cm ³):	1.87	2.13	2.24	2.25	2.18

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Muestra N°:	01		02		03		04		05	
	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
Peso de cápsula (g):	59.62	58.8	58.04	61.26	52.95	56.59	60.94	52.45	55.6	55.4
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	64.39	69.31	69.74	71.11	65.34	70.45	75.87	65.02	77.73	87.9
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	64.06	68.57	68.69	70.16	63.94	68.77	73.8	63.23	74.26	82.59
Peso del agua (g):	0.33	0.74	1.05	0.95	1.40	1.68	2.07	1.79	3.47	5.31
Muestra seca (g):	4.44	9.77	10.65	8.90	10.99	12.18	12.86	10.78	18.66	27.19
Contenido de humedad (%):	7.43	7.57	9.86	10.67	12.74	13.79	16.10	16.60	18.60	19.53

Humedad promedio (%): 7.50 10.27 13.27 16.35 19.06

Densidad seca(g/cm³): 1.74 1.93 1.98 1.94 1.83



DENSIDAD SECA MÁXIMA: 1.98 g/cm³

HUMEDAD ÓPTIMA: 14.10 %

Resultado del ensayo de Proctor modificado del tratamiento T6-02



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



PROCTOR MODIFICADO

MTC E 115, AASHTO T180-70 y ASTM D1557-70

DATOS GENERALES

Calicata: C-5
 Tipo de suelo: A-4 (1)
 Repetición: 2

Adición de Proes: 0.01 %
 Adición de Con-Aid: 0.03 %
 Adición de cemento IP: 1.50 %

DATOS DEL ENSAYO

Método: A	Diámetro del molde: 10.10 cm	Altura de caída del martillo: 30.03 cm
Golpe/capa: 25	Altura del molde: 11.50 cm	Peso del martillo: 3.67 Kg
Nº de capas: 5	Volumen del molde: 921.36 cm ³	

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD

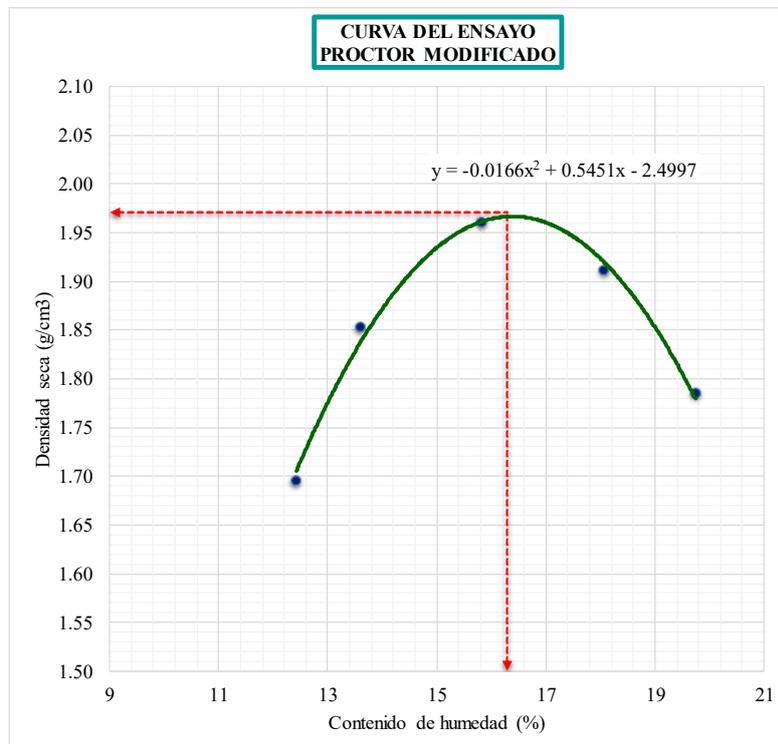
Muestra N°:	01	02	03	04	05
Peso del molde (g):	1983.48	1983.48	1983.48	1983.48	1983.48
Muestra compactada + Peso del molde (g):	3739.68	3922.22	4075.05	4061.62	3952.65
Peso de muestra compactada (g):	1756.20	1938.74	2091.57	2078.14	1969.17
Densidad húmeda (g/cm ³):	1.91	2.10	2.27	2.26	2.14

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Muestra N°:	01		02		03		04		05	
	Superior	Inferior								
Peso de cápsula (g):	59.45	59.18	60.99	58.67	58.92	60.25	59.96	64.01	60.92	63.32
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	68.56	64.71	72.44	70.45	78.85	74.14	80	80.62	80.74	86.73
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	67.67	64.03	71.05	69.06	76.07	72.28	77.08	77.96	77.49	82.85
Peso del agua (g):	0.89	0.68	1.39	1.39	2.78	1.86	2.92	2.66	3.25	3.88
Muestra seca (g):	8.22	4.85	10.06	10.39	17.15	12.03	17.12	13.95	16.57	19.53
Contenido de humedad (%):	10.83	14.02	13.82	13.38	16.21	15.46	17.06	19.07	19.61	19.87

Humedad promedio (%): 12.42 13.60 15.84 18.06 19.74

Densidad seca(g/cm³): 1.70 1.85 1.96 1.91 1.78



DENSIDAD SECA MÁXIMA: 1.97 g/cm ³
HUMEDAD ÓPTIMA: 16.30 %

Resultado del ensayo de Proctor modificado del tratamiento T6-03



“INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024”



PROCTOR MODIFICADO

MTC E 115, AASHTO T180-70 y ASTM D1557-70

DATOS GENERALES

Calicata: C-5
 Tipo de suelo: A-4 (1)
 Repetición: 3

Adición de Proes: 0.01 %
 Adición de Con-Aid: 0.03 %
 Adición de cemento IP: 1.50 %

DATOS DEL ENSAYO

Método: A	Diámetro del molde: 10.10 cm	Altura de caída del martillo: 30.03 cm
Golpe/capa: 25	Altura del molde: 11.50 cm	Peso del martillo: 3.67 Kg
Nº de capas: 5	Volumen del molde: 921.36 cm ³	

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD

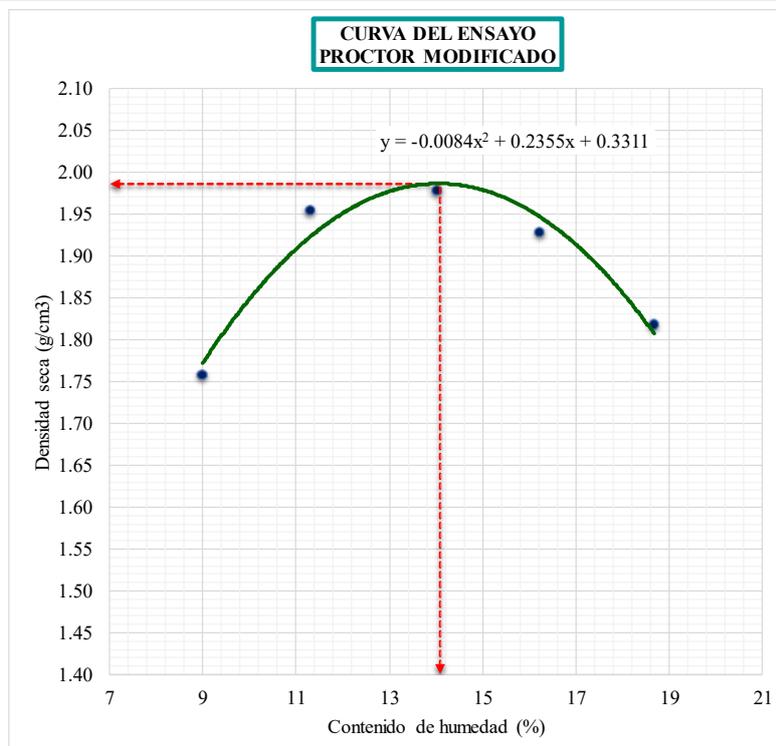
Muestra N°:	01	02	03	04	05
Peso del molde (g):	1983.48	1983.48	1983.48	1983.48	1983.48
Muestra compactada + Peso del molde (g):	3747.68	3988.22	4061.05	4047.62	3971.65
Peso de muestra compactada (g):	1764.20	2004.74	2077.57	2064.14	1988.17
Densidad húmeda (g/cm ³):	1.91	2.18	2.25	2.24	2.16

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Muestra N°:	01		02		03		04		05	
	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
Peso de cápsula (g):	57.33	57.06	58.87	56.55	56.8	58.13	57.84	61.89	58.8	61.2
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	66.44	62.59	70.32	68.33	76.73	72.02	77.88	78.5	78.62	84.61
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	65.71	62.12	69.19	67.10	74.41	70.22	75.12	76.15	75.53	80.89
Peso del agua (g):	0.73	0.47	1.13	1.23	2.32	1.80	2.76	2.35	3.09	3.72
Muestra seca (g):	8.38	5.06	10.32	10.55	17.61	12.09	17.28	14.26	16.73	19.69
Contenido de humedad (%):	8.71	9.29	10.95	11.66	13.17	14.89	15.97	16.48	18.47	18.89

Humedad promedio (%): 9.00 11.30 14.03 16.23 18.68

Densidad seca(g/cm³): 1.76 1.95 1.98 1.93 1.82



DENSIDAD SECA MÁXIMA: 1.99 g/cm³

HUMEDAD ÓPTIMA: 14.10 %

Resultado del ensayo de Proctor modificado del tratamiento T7-01



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



PROCTOR MODIFICADO

MTC E 115, AASHTO T180-70 y ASTM D1557-70

DATOS GENERALES

Calicata: C-5
 Tipo de suelo: A-4 (1)
 Repetición: 1

Adición de Proes: 0.03 %
 Adición de Con-Aid: 0.01 %
 Adición de cemento IP: 0.50 %

DATOS DEL ENSAYO

Método: A	Diámetro del molde: 10.10 cm	Altura de caída del martillo: 30.03 cm
Golpe/capa: 25	Altura del molde: 11.50 cm	Peso del martillo: 3.67 Kg
Nº de capas: 5	Volumen del molde: 921.36 cm ³	

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD

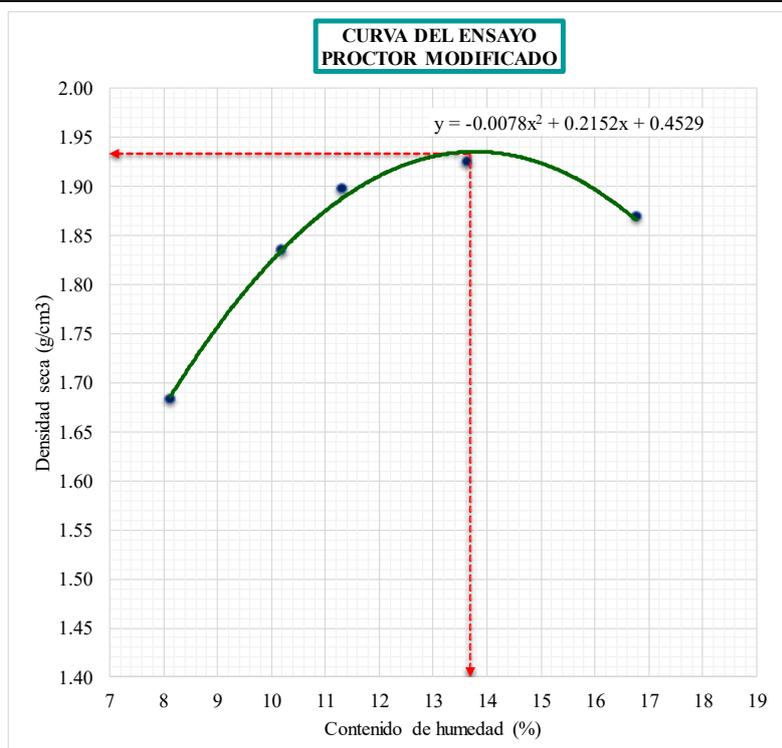
Muestra N°:	01	02	03	04	05
Peso del molde (g):	1986.23	1986.23	1986.23	1986.23	1986.23
Muestra compactada + Peso del molde (g):	3663.66	3849.91	3932.49	4001.61	3996.61
Peso de muestra compactada (g):	1677.43	1863.68	1946.26	2015.38	2010.38
Densidad húmeda (g/cm ³):	1.82	2.02	2.11	2.19	2.18

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Muestra N°:	01		02		03		04		05	
	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
Peso de cápsula (g):	61.92	61.1	60.34	63.56	55.23	58.89	63.23	54.74	57.88	57.7
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	76.59	77.81	76.51	81.42	70.39	75.51	80.12	73.45	87.96	76.85
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	75.42	76.63	74.93	79.86	68.87	73.8	78.1	71.2	84.13	73.8
Peso del agua (g):	1.17	1.18	1.58	1.56	1.52	1.71	2.02	2.25	3.83	3.05
Muestra seca (g):	13.50	15.53	14.59	16.30	13.64	14.91	14.87	16.46	26.25	16.10
Contenido de humedad (%):	8.67	7.60	10.83	9.57	11.14	11.47	13.58	13.67	14.59	18.94

Humedad promedio (%): 8.13 10.20 11.31 13.63 16.77

Densidad seca(g/cm³): 1.68 1.84 1.90 1.93 1.87



DENSIDAD SECA MÁXIMA: 1.93 g/cm³

HUMEDAD ÓPTIMA: 13.70 %

Resultado del ensayo de Proctor modificado del tratamiento T7-02



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



PROCTOR MODIFICADO

MTC E 115, AASHTO T180-70 y ASTM D1557-70

DATOS GENERALES

Calicata: C-5
 Tipo de suelo: A-4 (1)
 Repetición: 2

Adición de Proes: 0.03 %
 Adición de Con-Aid: 0.01 %
 Adición de cemento IP: 0.50 %

DATOS DEL ENSAYO

Método: A	Diámetro del molde: 10.10 cm	Altura de caída del martillo: 30.03 cm
Golpe/capa: 25	Altura del molde: 11.50 cm	Peso del martillo: 3.67 Kg
Nº de capas: 5	Volumen del molde: 921.36 cm ³	

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD

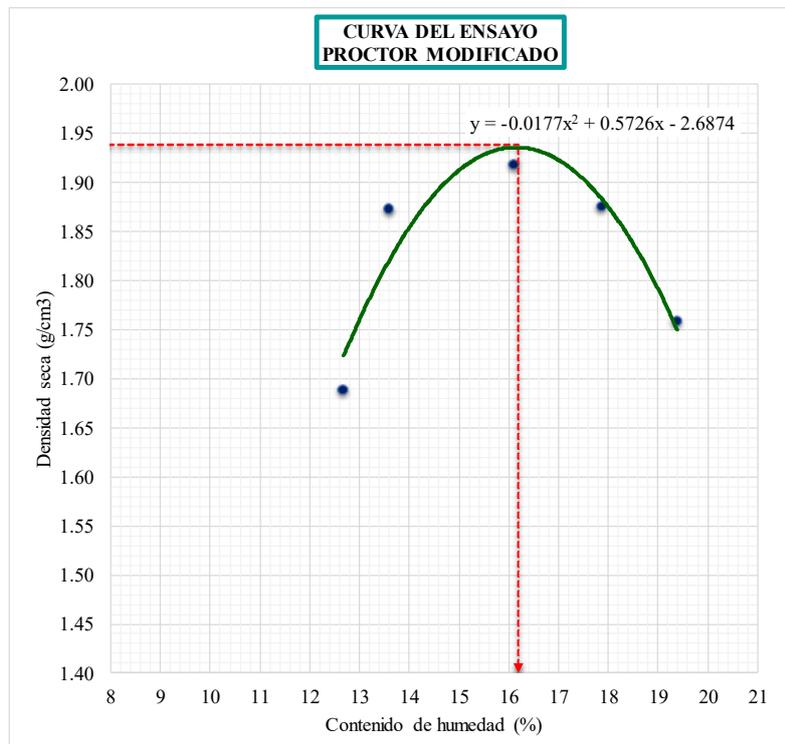
Muestra N°:	01	02	03	04	05
Peso del molde (g):	1983.57	1983.57	1983.57	1983.57	1983.57
Muestra compactada + Peso del molde (g):	3736.75	3943.03	4034.85	4019.76	3918.19
Peso de muestra compactada (g):	1753.18	1959.46	2051.28	2036.19	1934.62
Densidad húmeda (g/cm ³):	1.90	2.13	2.23	2.21	2.10

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Muestra N°:	01		02		03		04		05	
	Superior	Inferior								
Peso de cápsula (g):	59.43	59.17	60.98	58.67	58.76	60.26	59.97	64.03	56.94	63.32
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	67.28	69.08	74.50	71.43	75.18	71.46	70.43	80.31	77.04	82.51
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	66.40	67.96	72.94	69.85	73.00	69.84	68.84	77.85	73.79	79.38
Peso del agua (g):	0.88	1.12	1.56	1.58	2.18	1.62	1.59	2.46	3.25	3.13
Muestra seca (g):	6.97	8.79	11.96	11.18	14.24	9.58	8.87	13.82	16.85	16.06
Contenido de humedad (%):	12.63	12.74	13.04	14.13	15.31	16.91	17.93	17.80	19.29	19.49

Humedad promedio (%): 12.68 13.59 16.11 17.86 19.39

Densidad seca(g/cm³): 1.69 1.87 1.92 1.88 1.76



DENSIDAD SECA MÁXIMA: 1.94 g/cm ³
HUMEDAD ÓPTIMA: 16.20 %

Resultado del ensayo de Proctor modificado del tratamiento T7-03



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



PROCTOR MODIFICADO

MTC E 115, AASHTO T180-70 y ASTM D1557-70

DATOS GENERALES

Calicata: C-5
 Tipo de suelo: A-4 (1)
 Repetición: 3

Adición de Proes: 0.03 %
 Adición de Con-Aid: 0.01 %
 Adición de cemento IP: 0.50 %

DATOS DEL ENSAYO

Método: A	Diámetro del molde: 10.10 cm	Altura de caída del martillo: 30.03 cm
Golpe/capa: 25	Altura del molde: 11.50 cm	Peso del martillo: 3.67 Kg
Nº de capas: 5	Volumen del molde: 921.36 cm ³	

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD

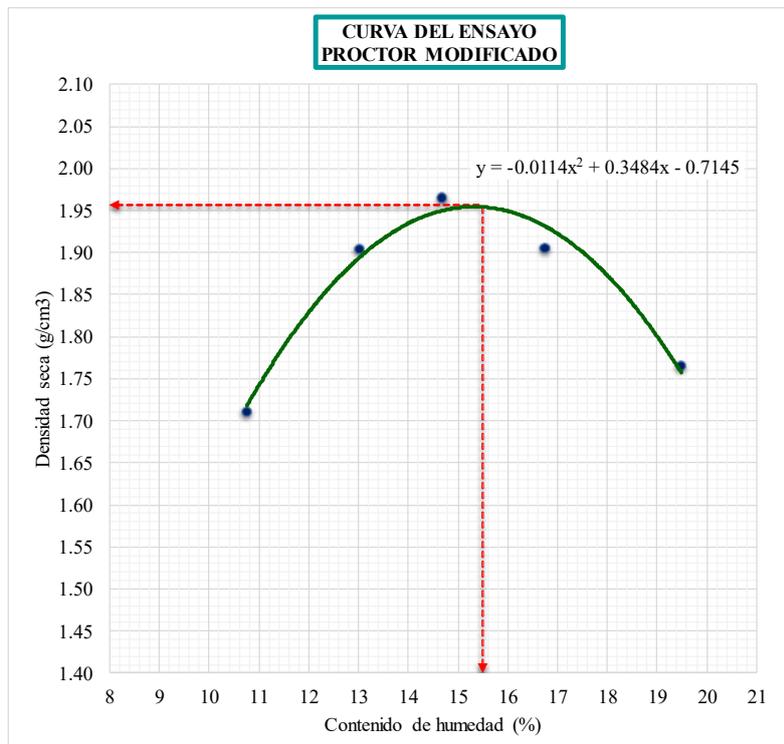
Muestra N°:	01	02	03	04	05
Peso del molde (g):	2020.96	2020.96	2020.96	2020.96	2020.96
Muestra compactada + Peso del molde (g):	3765.80	4003.05	4097.08	4070.63	3964.22
Peso de muestra compactada (g):	1744.84	1982.09	2076.12	2049.67	1943.26
Densidad húmeda (g/cm ³):	1.89	2.15	2.25	2.22	2.11

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Muestra N°:	01		02		03		04		05	
	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
Peso de cápsula (g):	61.65	60.91	60.13	63.4	55.02	58.7	63.01	54.53	57.7	57.51
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	77.48	69.29	73.58	81.84	70.38	74.82	84.23	76.14	75.94	72.66
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	76.11	68.39	72.14	79.57	68.41	72.76	81.31	72.91	73.01	70.15
Peso del agua (g):	1.37	0.90	1.44	2.27	1.97	2.06	2.92	3.23	2.93	2.51
Muestra seca (g):	14.46	7.48	12.01	16.17	13.39	14.06	18.30	18.38	15.31	12.64
Contenido de humedad (%):	9.47	12.03	11.99	14.04	14.71	14.65	15.96	17.57	19.14	19.86

Humedad promedio (%): 10.75 13.01 14.68 16.76 19.50

Densidad seca(g/cm³): 1.71 1.90 1.96 1.91 1.76



DENSIDAD SECA MÁXIMA: 1.96 g/cm ³
HUMEDAD ÓPTIMA: 15.50 %

Resultado del ensayo de Proctor modificado del tratamiento T8-01



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



PROCTOR MODIFICADO

MTC E 115, AASHTO T180-70 y ASTM D1557-70

DATOS GENERALES

Calicata: C-5
 Tipo de suelo: A-4 (1)
 Repetición: 1

Adición de Proes: 0.01 %
 Adición de Con-Aid: 0.01 %
 Adición de cemento IP: 1.50 %

DATOS DEL ENSAYO

Método: A	Diámetro del molde: 10.10 cm	Altura de caída del martillo: 30.03 cm
Golpe/capa: 25	Altura del molde: 11.50 cm	Peso del martillo: 3.67 Kg
Nº de capas: 5	Volumen del molde: 921.36 cm ³	

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD

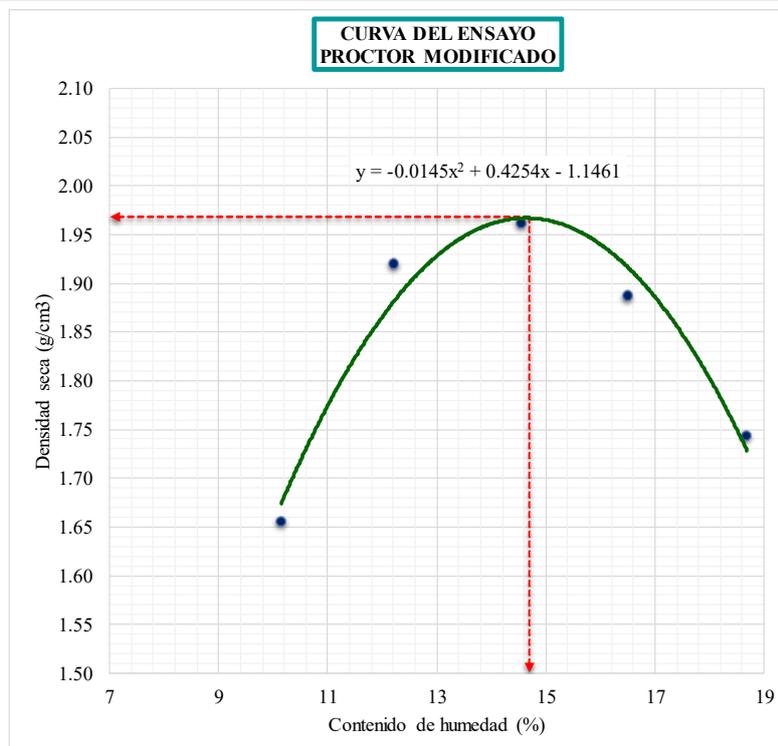
Muestra N°:	01	02	03	04	05
Peso del molde (g):	2020.96	2020.96	2020.96	2020.96	2020.96
Muestra compactada + Peso del molde (g):	3700.11	4005.16	4090.70	4046.94	3927.63
Peso de muestra compactada (g):	1679.15	1984.20	2069.74	2025.98	1906.67
Densidad húmeda (g/cm ³):	1.82	2.15	2.25	2.20	2.07

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Muestra N°:	01		02		03		04		05	
	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
Peso de cápsula (g):	19.4	19.5	19.7	19.12	19.2	19.33	19.52	20.13	19.44	19.59
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	35.08	44.44	36.73	41.70	51.32	36.93	35.85	57.84	39.8	50.82
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	33.67	42.09	34.91	39.20	47.28	34.67	33.58	52.4	36.55	45.97
Peso del agua (g):	1.41	2.35	1.82	2.50	4.04	2.26	2.27	5.44	3.25	4.85
Muestra seca (g):	14.27	22.59	15.21	20.08	28.08	15.34	14.06	32.27	17.11	26.38
Contenido de humedad (%):	9.88	10.40	11.97	12.45	14.39	14.73	16.15	16.86	18.99	18.39

Humedad promedio (%): 10.14 12.21 14.56 16.50 18.69

Densidad seca(g/cm³): 1.65 1.92 1.96 1.89 1.74



DENSIDAD SECA MÁXIMA: 1.97 g/cm ³
HUMEDAD ÓPTIMA: 14.70 %

Resultado del ensayo de Proctor modificado del tratamiento T8-02



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



PROCTOR MODIFICADO

MTC E 115, AASHTO T180-70 y ASTM D1557-70

DATOS GENERALES

Calicata: C-5
 Tipo de suelo: A-4 (1)
 Repetición: 2

Adición de Proes: 0.01 %
 Adición de Con-Aid: 0.01 %
 Adición de cemento IP: 1.50 %

DATOS DEL ENSAYO

Método: A	Diámetro del molde: 10.10 cm	Altura de caída del martillo: 30.03 cm
Golpe/capa: 25	Altura del molde: 11.50 cm	Peso del martillo: 3.67 Kg
Nº de capas: 5	Volumen del molde: 921.36 cm ³	

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD

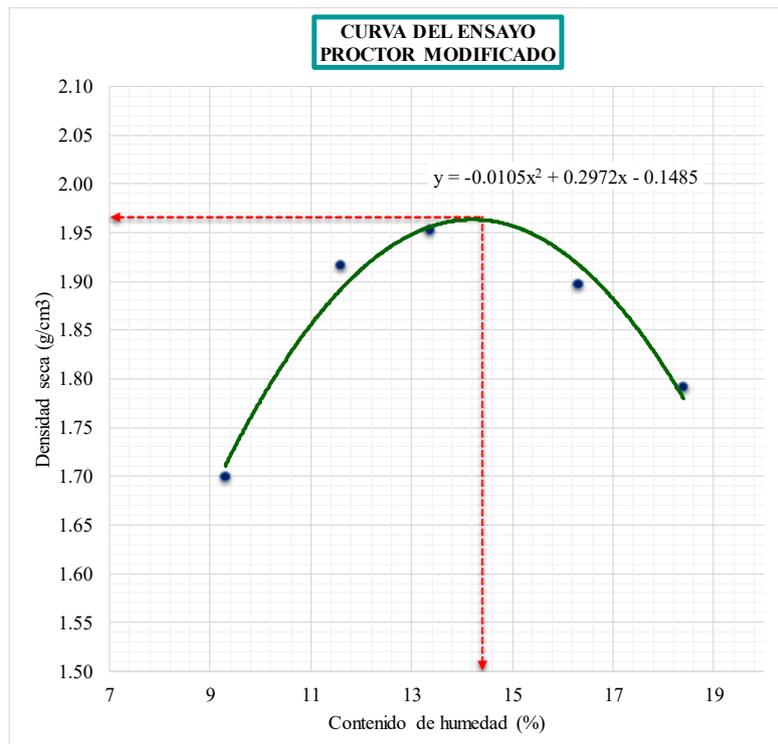
Muestra N°:	01	02	03	04	05
Peso del molde (g):	1986.23	1986.23	1986.23	1986.23	1986.23
Muestra compactada + Peso del molde (g):	3697.68	3956.11	4025.11	4019	3940
Peso de muestra compactada (g):	1711.45	1969.88	2038.88	2032.77	1953.77
Densidad húmeda (g/cm ³):	1.86	2.14	2.21	2.21	2.12

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Muestra N°:	01		02		03		04		05	
	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
Peso de cápsula (g):	54.46	57.59	59.22	62.2	56.33	54.1	63.72	54.89	58.03	57.79
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	79.89	83.53	84.57	89.82	84.82	75.15	89.18	81.39	79.72	76.61
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	77.81	81.24	82.14	86.73	81.61	72.56	85.69	77.59	76.39	73.65
Peso del agua (g):	2.08	2.29	2.43	3.09	3.21	2.59	3.49	3.80	3.33	2.96
Muestra seca (g):	23.35	23.65	22.92	24.53	25.28	18.46	21.97	22.70	18.36	15.86
Contenido de humedad (%):	8.91	9.68	10.60	12.60	12.70	14.03	15.89	16.74	18.14	18.66

Humedad promedio (%): 9.30 11.60 13.36 16.31 18.40

Densidad seca(g/cm³): 1.70 1.92 1.95 1.90 1.79



DENSIDAD SECA MÁXIMA: 1.97 g/cm ³
HUMEDAD ÓPTIMA: 14.40 %

Resultado del ensayo de Proctor modificado del tratamiento T8-03



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



PROCTOR MODIFICADO

MTC E 115, AASHTO T180-70 y ASTM D1557-70

DATOS GENERALES

Calicata: C-5
 Tipo de suelo: A-4 (1)
 Repetición: 3

Adición de Proes: 0.01 %
 Adición de Con-Aid: 0.01 %
 Adición de cemento IP: 1.50 %

DATOS DEL ENSAYO

Método: A	Diámetro del molde: 10.10 cm	Altura de caída del martillo: 30.03 cm
Golpe/capa: 25	Altura del molde: 11.50 cm	Peso del martillo: 3.67 Kg
Nº de capas: 5	Volumen del molde: 921.36 cm ³	

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD

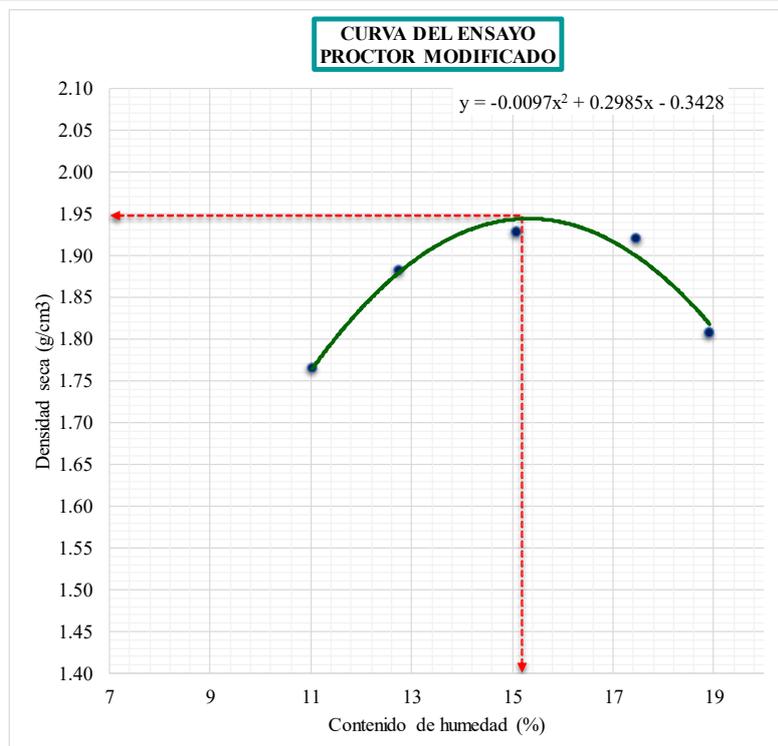
Muestra N°:	01	02	03	04	05
Peso del molde (g):	1986.23	1986.23	1986.23	1986.23	1986.23
Muestra compactada + Peso del molde (g):	3791.68	3942.11	4031.11	4065.12	3966.14
Peso de muestra compactada (g):	1805.45	1955.88	2044.88	2078.89	1979.91
Densidad húmeda (g/cm ³):	1.96	2.12	2.22	2.26	2.15

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Muestra N°:	01		02		03		04		05	
	Superior	Inferior								
Peso de cápsula (g):	55.47	58.6	60.23	63.21	57.34	55.11	64.73	55.9	59.04	58.8
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	80.90	84.54	85.58	90.83	85.83	76.16	90.19	82.4	80.73	77.62
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	78.40	81.94	82.69	87.73	82.30	73.25	86.48	78.38	77.38	74.54
Peso del agua (g):	2.50	2.60	2.89	3.10	3.53	2.91	3.71	4.02	3.35	3.08
Muestra seca (g):	22.93	23.34	22.46	24.52	24.96	18.14	21.75	22.48	18.34	15.74
Contenido de humedad (%):	10.90	11.14	12.87	12.64	14.14	16.04	17.06	17.88	18.27	19.57

Humedad promedio (%): 11.02 12.76 15.09 17.47 18.92

Densidad seca(g/cm³): 1.77 1.88 1.93 1.92 1.81



DENSIDAD SECA MÁXIMA: 1.95 g/cm ³
HUMEDAD ÓPTIMA: 15.20 %

Anexo D: Resultados del ensayo de CBR con tratamientos individuales y combinadas

Resultado del ensayo de CBR del tratamiento T0-01



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132, ASTM D1883-73 y AASHTO T193-63

DATOS GENERALES			DATOS DEL ENSAYO		
Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.00%	Densidad seca máxima: 1.91 g/cm ³	Peso del martillo: 6.42 kg		
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.00%	Humedad óptima: 14.00%	Altura de caída del martillo: 45.50 cm		
Repetición: 1	Adición de cemento IP: 0.00%	Número de capas: 5	Área del pistón: 19.63 cm ²		

DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN

Molde:	M1	M2	M3
Altura del molde (cm):	17.70	17.60	17.70
Altura del disco espaciador (cm):	5.00	5.00	5.00
Diámetro del molde (cm):	15.25	15.25	15.25
Altura de la muestra compactada (cm):	12.70	12.60	12.70
Volumen del molde (cm ³):	2319.71	2301.44	2319.71
Número de golpes por capa:	12	26	55
Peso del molde (g):	6085.00	6420.00	5855.00
Peso del molde + Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	11050.00	11490.00	11290.00
Peso del molde + Muestra compactada, después de la inmersión (g):	11244.00	11604.00	11399.00
Peso del agua absorbida (g):	194.00	114.00	109.00
Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	4965.00	5070.00	5435.00
Muestra compactada, después de la inmersión (g):	5159.00	5184.00	5544.00
Densidad húmeda (g/cm ³):	2.22	2.25	2.39

CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUÉS DE LA INMERSIÓN

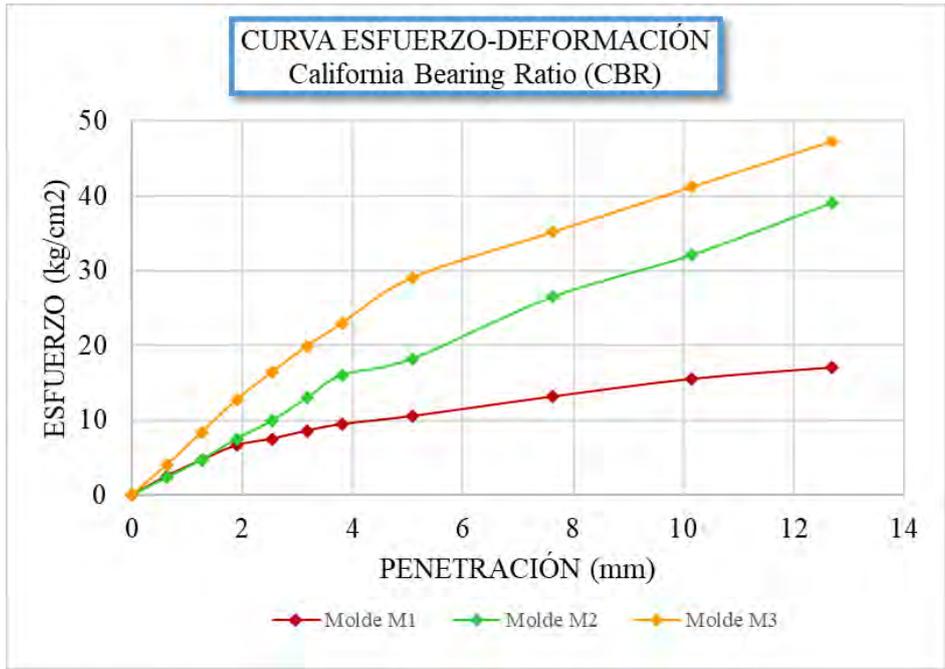
Molde:	M1			M2			M3		
	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior
Peso de cápsula (g):	58.34	58.44	58.54	57.5	57.6	57.7	53.99	54.09	54.19
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	117.45	117.55	117.65	118.22	118.32	118.42	102.65	102.75	102.85
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	107.78	107.88	107.98	109.78	109.88	109.98	96.25	96.35	96.45
Peso del agua (g):	9.67	9.67	9.67	8.44	8.44	8.44	6.40	6.40	6.40
Muestra seca (g):	49.44	49.44	49.44	52.28	52.28	52.28	42.26	42.26	42.26
Contenido de humedad (%):	19.56	19.56	19.56	16.14	16.14	16.14	15.14	15.14	15.14
Humedad media (%):	19.56			16.14			15.14		
Densidad Seca (gr/cm ³):	1.86			1.94			2.08		

ENSAYO DE EXPANSIÓN

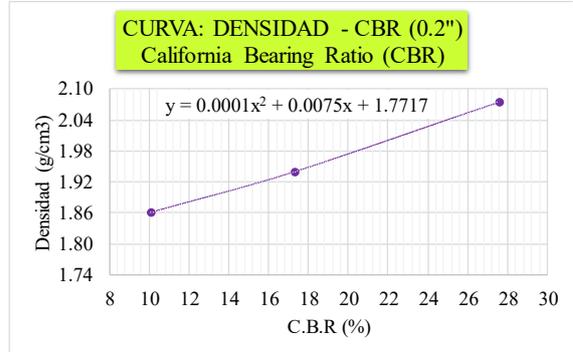
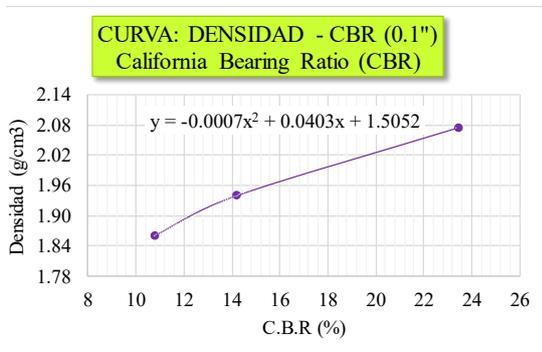
Hora y fecha de iniciación	Tiempo transcurrido (horas)	Molde M1 (12 golpes)				Molde M2 (26 golpes)				Molde M3 (55 golpes)			
		Sobrecarga:		5899.34 g		Sobrecarga:		5961.37 g		Sobrecarga:		5944.89 g	
		Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)
12:10:00	18/02/2025	0	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0.00	
12:15:00	19/02/2025	24	12	0.305	0.24	11	0.279	0.22	8	0.203	0.16	0.16	
12:17:00	20/02/2025	48	31	0.787	0.62	14	0.356	0.28	10	0.254	0.20	0.20	
12:11:00	21/02/2025	72	45	1.143	0.90	43	1.092	0.87	24	0.610	0.48	0.48	
12:33:00	24/02/2025	96	49	1.245	0.98	44	1.118	0.89	34	0.864	0.68	0.68	

ENSAYO CARGA-PENETRACIÓN

Carga Unitaria Patrón (kg/cm ²)	Dial *0.001"	Penetración (mm)	Molde M1 (12 golpes)				Molde M2 (26 golpes)				Molde M3 (55 golpes)			
			Sobrecarga:		2239.85 g		Sobrecarga:		2239.85 g		Sobrecarga:		2239.85 g	
			Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)
0	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	0.00	0	0.00	0.000	0.00		
25	0.635	8	50.57	2.576	7	46.31	2.358	15	80.43	4.097	15	80.43		
50	1.270	18	93.23	4.748	18	93.23	4.748	35	165.75	8.442	35	165.75		
75	1.905	27	131.62	6.704	31	148.69	7.573	55	251.07	12.787	55	251.07		
70.31	100	2.540	31	148.69	7.573	10.77	42	195.61	9.962	14.17	72	323.59	16.480	23.44
125	3.175	36	170.02	8.659	56	255.33	13.004	88	391.84	19.956	88	391.84		
150	3.810	40	187.08	9.528	70	315.05	16.046	102	451.56	22.998	102	451.56		
105.46	200	5.080	45	208.41	10.614	10.06	80	357.71	18.218	17.27	130	571.00	29.081	27.58
300	7.620	57	259.60	13.221	118	519.81	26.474	158	690.44	35.164	158	690.44		
400	10.160	68	306.52	15.611	144	630.72	32.122	186	809.89	41.247	186	809.89		
500	12.700	75	336.38	17.132	176	767.23	39.075	214	929.33	47.330	214	929.33		



Número de golpes	CBR (%) 0.1"	CBR (%) 0.2"	Densidad Seca (gr/cm ³)	Expansión (%)
12	10.77	10.06	1.86	0.98
26	14.17	17.27	1.94	0.89
55	23.44	27.58	2.08	0.68



Penetración	0.1"	0.2"
CBR al 100 % de la MDS	12.83%	14.74%
CBR al 95 % de la MDS	9.07%	5.24%

Resultado del ensayo de CBR del tratamiento T0-02



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132, ASTM D1883-73 y AASHTO T193-63

DATOS GENERALES			DATOS DEL ENSAYO		
Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.00%	Densidad seca máxima: 1.90 g/cm ³	Peso del martillo: 6.42 kg		
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.00%	Humedad óptima: 14.10%	Altura de caída del martillo: 45.50 cm		
Repetición: 2	Adición de cemento IP: 0.00%	Número de capas: 5	Área del pistón: 19.63 cm ²		

DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN

Molde:	H-28	H-29	H-30
Altura del molde (cm):	17.60	17.60	17.50
Altura del disco espaciador (cm):	5.00	5.00	5.00
Diámetro del molde (cm):	15.2	15.20	15.20
Altura de la muestra compactada (cm):	12.60	12.60	12.50
Volumen del molde (cm ³):	2286.38	2286.38	2268.23
Número de golpes por capa:	12	26	55
Peso del molde (g):	6765.00	7110.00	6940.00
Peso del molde + Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	11650.00	12115.00	11915.00
Peso del molde + Muestra compactada, después de la inmersión (g):	11720.00	12165.00	11955.00
Peso del agua absorbida (g):	70.00	50.00	40.00
Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	4885.00	5005.00	4975.00
Muestra compactada, después de la inmersión (g):	4955.00	5055.00	5015.00
Densidad húmeda (g/cm ³):	2.17	2.21	2.21

CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUÉS DE LA INMERSIÓN

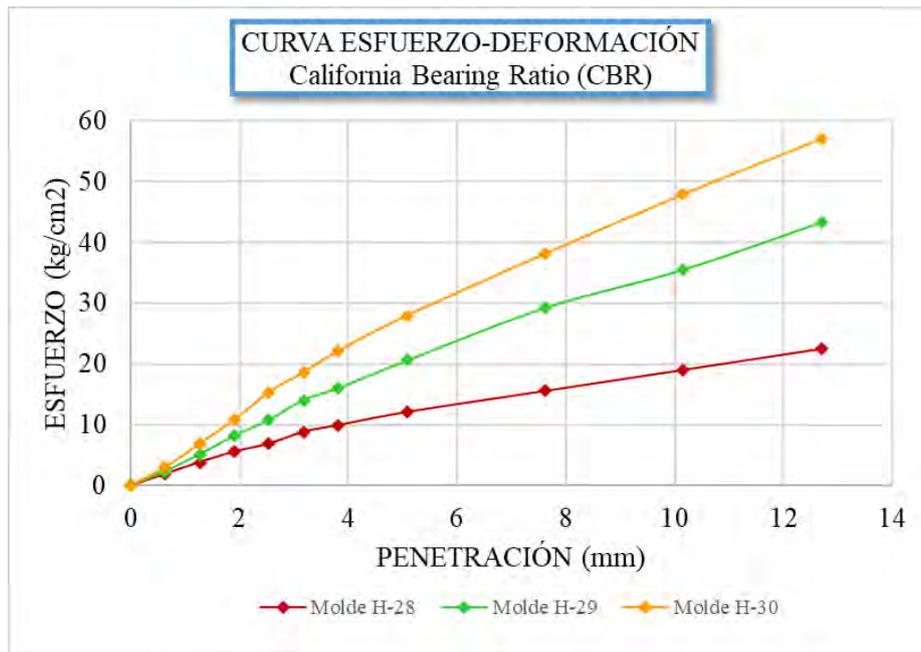
Molde:	H-28			H-29			H-30		
	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior
Peso de cápsula (g):	54.52	58.77	58.78	63	58.67	56.59	59.12	57.3	54.89
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	65.96	74.60	84.35	86.84	100.09	79.81	75.26	88.3	105.14
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	64.09	72.03	80.39	83.74	94.42	76.47	73.39	84.99	99.89
Peso del agua (g):	1.87	2.57	3.96	3.10	5.67	3.34	1.87	3.31	5.25
Muestra seca (g):	9.57	13.26	21.61	20.74	35.75	19.88	14.27	27.69	45.00
Contenido de humedad (%):	19.54	19.38	18.32	14.95	15.86	16.80	13.10	11.95	11.67
Humedad media (%):	19.08			15.87			12.24		
Densidad Seca (gr/cm ³):	1.82			1.91			1.97		

ENSAYO DE EXPANSIÓN

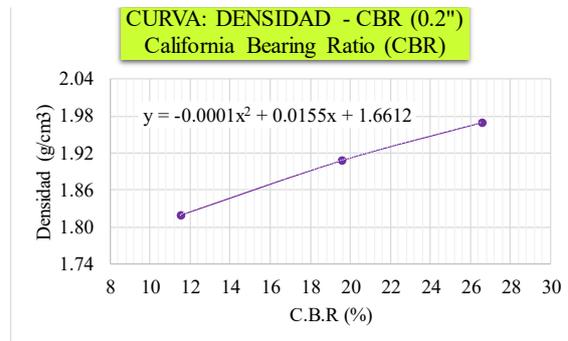
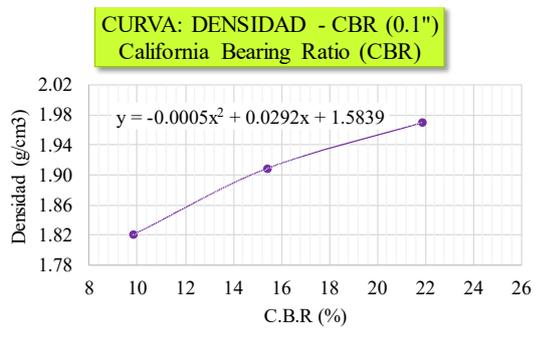
Hora y fecha de iniciación	Tiempo transcurrido (horas)	Molde H-28 (12 golpes)			Molde H-29 (26 golpes)			Molde H-30 (55 golpes)			
		Sobrecarga: 5805.00 g	Sobrecarga: 6000.00 g	Sobrecarga: 5690.00 g	Dial 0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial 0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)	
12:30:00	03/03/2025	0	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00
11:50:00	04/03/2025	24	13	0.330	0.26	12	0.305	0.24	10	0.254	0.20
10:02:00	05/03/2025	48	33	0.838	0.67	15	0.381	0.30	11	0.279	0.22
11:04:00	06/03/2025	72	42	1.067	0.85	35	0.889	0.71	22	0.559	0.45
12:05:00	07/03/2025	96	42	1.067	0.85	40	1.016	0.81	33	0.838	0.67

ENSAYO CARGA-PENETRACIÓN

Carga Unitaria Patrón (kg/cm ²)	Dial *0.001"	Penetración (mm)	Molde H-28 (12 golpes)				Molde H-29 (26 golpes)				Molde H-30 (55 golpes)			
			Sobrecarga: 2239.85 g	Sobrecarga: 2239.85 g	Sobrecarga: 2239.85 g	Sobrecarga: 2239.85 g	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)
0	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	
25	0.635	5	37.78	1.924	7	46.31	2.358	10	59.11	3.010	10	59.11	3.010	
50	1.270	14	76.17	3.879	20	101.76	5.183	28	135.89	6.921	28	135.89	6.921	
75	1.905	22	110.30	5.617	34	161.48	8.224	46	212.67	10.831	46	212.67	10.831	
70.31	100	2.540	28	135.89	6.921	9.84	46	212.67	10.831	15.41	67	302.26	15.394	21.89
125	3.175	37	174.28	8.876	61	276.66	14.090	82	366.24	18.653	82	366.24	18.653	
150	3.810	42	195.61	9.962	70	315.05	16.046	98	434.50	22.129	98	434.50	22.129	
105.46	200	5.080	52	238.27	12.135	11.51	91	404.64	20.608	19.54	125	549.67	27.995	26.55
300	7.620	68	306.52	15.611	131	575.27	29.298	172	750.17	38.206	172	750.17	38.206	
400	10.160	84	374.77	19.087	160	698.98	35.599	217	942.13	47.982	217	942.13	47.982	
500	12.700	100	443.03	22.563	196	852.54	43.420	259	1121.29	57.107	259	1121.29	57.107	



Número de golpes	CBR (%) 0.1"	CBR (%) 0.2"	Densidad Seca (gr/cm³)	Expansión (%)
12	9.84	11.51	1.82	0.85
26	15.41	19.54	1.91	0.81
55	21.89	26.55	1.97	0.67



Penetración	0.1"	0.2"
CBR al 100 % de la MDS	14.79%	18.72%
CBR al 95 % de la MDS	9.07%	10.29%

Resultado del ensayo de CBR del tratamiento T0-03



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132, ASTM D1883-73 y AASHTO T193-63

DATOS GENERALES			DATOS DEL ENSAYO		
Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.00%		Densidad seca máxima: 1.90 g/cm ³		Peso del martillo: 6.42 kg
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.00%		Humedad óptima: 14.20%		Altura de caída del martillo: 45.50 cm
Repetición: 3	Adición de cemento IP: 0.00%		Número de capas: 5		Área del pistón: 19.63 cm ²

DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN

	J-43	J-44	J-45
Molde:			
Altura del molde (cm):	17.60	17.60	17.60
Altura del disco espaciador (cm):	5.00	5.00	5.00
Diámetro del molde (cm):	15.2	15.20	15.20
Altura de la muestra compactada (cm):	12.60	12.60	12.60
Volumen del molde (cm ³):	2286.38	2286.38	2286.38
Número de golpes por capa:	12	26	55
Peso del molde (g):	6545.00	5831.00	6081.00
Peso del molde + Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	10652.00	10117.00	10917.00
Peso del molde + Muestra compactada, después de la inmersión (g):	10769.00	10228.00	10985.00
Peso del agua absorbida (g):	117.00	111.00	68.00
Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	4107.00	4286.00	4836.00
Muestra compactada, después de la inmersión (g):	4224.00	4397.00	4904.00
Densidad húmeda (g/cm ³):	1.85	1.92	2.14

CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUÉS DE LA INMERSIÓN

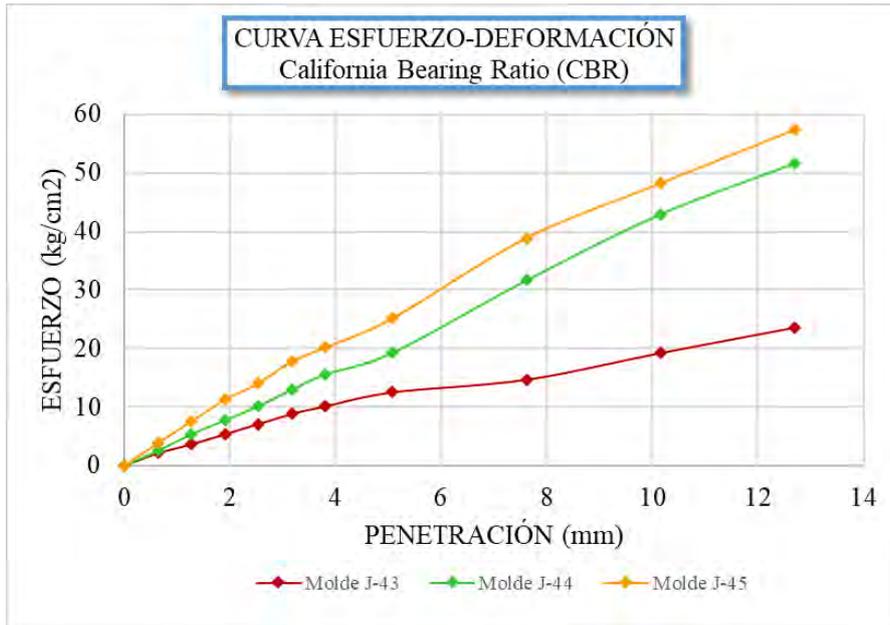
Molde:	J-43			J-44			J-45		
	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior
Peso de cápsula (g):	59.42	57.78	59.77	62.1	57.77	57.58	58.22	56.31	55.78
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	70.86	73.61	85.34	85.94	99.18	80.8	74.36	87.31	106.03
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	69.01	71.14	81.08	82.74	93.53	77.66	72.29	83.11	100.08
Peso del agua (g):	1.85	2.47	4.26	3.20	5.65	3.14	2.07	4.20	5.95
Muestra seca (g):	9.59	13.36	21.31	20.64	35.76	20.08	14.07	26.80	44.30
Contenido de humedad (%):	19.29	18.49	19.99	15.50	15.80	15.64	14.71	15.67	13.43
Humedad media (%):	19.26			15.65			14.60		
Densidad Seca (gr/cm ³):	1.55			1.66			1.87		

ENSAYO DE EXPANSIÓN

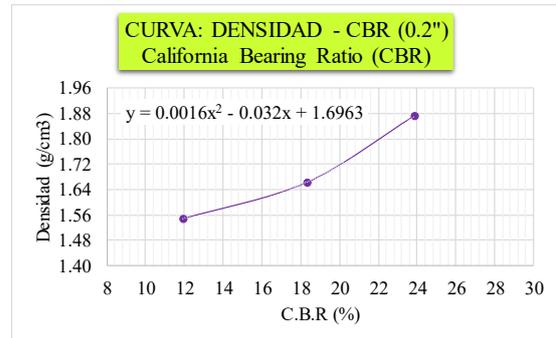
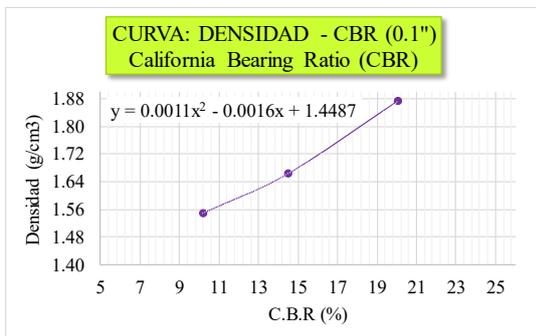
Hora y fecha de iniciación	Tiempo transcurrido (horas)	Molde J-43 (12 golpes)			Molde J-44 (26 golpes)			Molde J-45 (55 golpes)			
		Sobrecarga: 5795.00 g			Sobrecarga: 5997.00 g			Sobrecarga: 5589.00 g			
		Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	0.001"
12:25:00	24/03/2025	0	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00
12:50:00	20/03/2025	24	12	0.305	0.24	11	0.279	0.22	9	0.229	0.18
12:32:00	21/03/2025	48	32	0.813	0.65	14	0.356	0.28	10	0.254	0.20
11:57:00	22/03/2025	72	35	0.889	0.71	30	0.762	0.60	21	0.533	0.42
01:14:00	23/03/2025	96	38	0.965	0.77	35	0.889	0.71	27	0.686	0.54

ENSAYO CARGA-PENETRACIÓN

Carga Unitaria Patrón (kg/cm ²)	Dial *0.001"	Penetración (mm)	Molde J-43 (12 golpes)				Molde J-44 (26 golpes)				Molde J-45 (55 golpes)			
			Sobrecarga: 2239.85 g				Sobrecarga: 2239.85 g				Sobrecarga: 2239.85 g			
			Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)
0	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	0.00	0	0.00	0.000	0.00		
25	0.635	6	42.04	2.141	8	50.57	2.576	14	76.17	3.879	14	76.17		
50	1.270	13	71.90	3.662	21	106.03	5.400	31	148.69	7.573	31	148.69		
75	1.905	21	106.03	5.400	32	152.95	7.790	48	221.21	11.266	48	221.21		
70.31	2.540	29	140.16	7.138	10.15	43	199.88	10.180	14.48	61	276.66	14.090	20.04	
125	3.175	37	174.28	8.876	56	255.33	13.004	78	349.18	17.784	78	349.18		
150	3.810	43	199.88	10.180	68	306.52	15.611	89	396.10	20.173	89	396.10		
105.46	5.080	54	246.80	12.569	11.92	85	379.04	19.304	18.30	112	494.22	25.170	23.87	
300	7.620	64	289.46	14.742	142	622.19	31.688	175	762.96	38.857	175	762.96		
400	10.160	85	379.04	19.304	194	844.01	42.985	218	946.39	48.199	218	946.39		
500	12.700	105	464.36	23.649	234	1014.64	51.675	260	1125.56	57.324	260	1125.56		



Número de golpes	CBR (%)	CBR (%)	Densidad Seca (gr/cm ³)	Expansión (%)
	0.1"	0.2"		
12	10.15	11.92	1.55	0.77
26	14.48	18.30	1.66	0.71
55	20.04	23.87	1.87	0.54



Penetración	0.1"	0.2"
CBR al 100 % de la MDS	20.68%	24.46%
CBR al 95 % de la MDS	18.46%	22.36%

Resultado del ensayo de CBR del tratamiento TP1-01



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132, ASTM D1883-73 y AASHTO T193-63

DATOS GENERALES			DATOS DEL ENSAYO		
Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.00%	Densidad seca máxima: 1.94 g/cm ³	Peso del martillo: 6.76 kg		
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.00%	Humedad óptima: 14.60%	Altura de caída del martillo: 45.50 cm		
Repetición: 1	Adición de cemento IP: 0.50%	Número de capas: 5	Área del pistón: 19.63 cm ²		

DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN

Molde:	M1	M2	M3
Altura del molde (cm):	17.60	17.60	17.60
Altura del disco espaciador (cm):	5.00	5.00	5.00
Díámetro del molde (cm):	15.2	15.20	15.20
Altura de la muestra compactada (cm):	12.60	12.60	12.60
Volumen del molde (cm ³):	2286.38	2286.38	2286.38
Número de golpes por capa:	12	26	55
Peso del molde (g):	7040.00	7080.00	6700.00
Peso del molde + Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	11680.00	11845.00	11505.00
Peso del molde + Muestra compactada, después de la inmersión (g):	11750.00	11885.00	11545.00
Peso del agua absorbida (g):	70.00	40.00	40.00
Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	4640.00	4765.00	4805.00
Muestra compactada, después de la inmersión (g):	4710.00	4805.00	4845.00
Densidad húmeda (g/cm ³):	2.06	2.10	2.12

CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUÉS DE LA INMERSIÓN

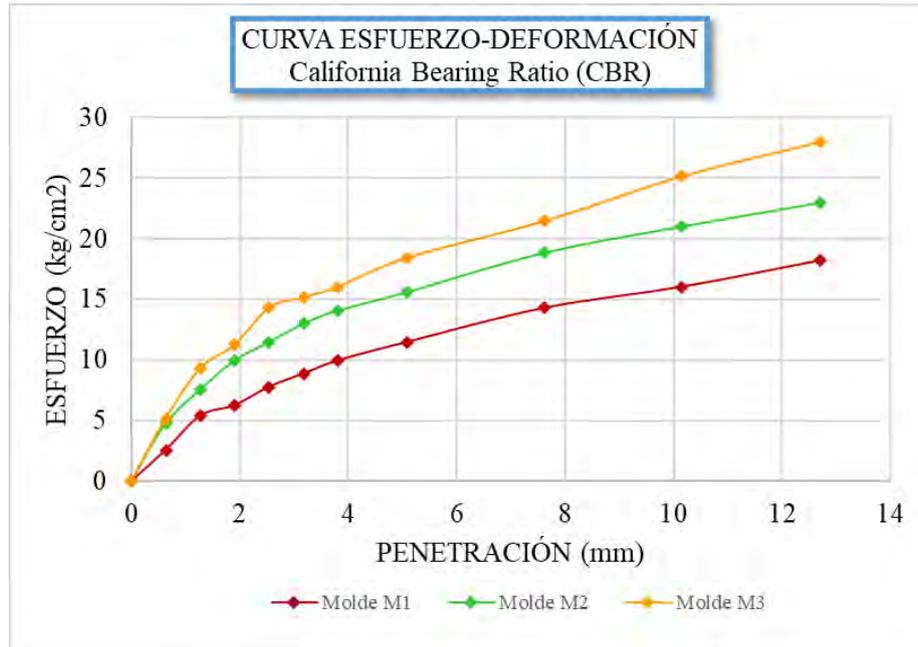
Molde:	M1			M2			M3		
	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior
Peso de cápsula (g):	58.64	57.27	59.04	58.07	57.06	63.56	58.13	61.28	64.09
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	87.72	76.72	93.47	85.81	103.57	86.86	94.59	89.39	100
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	83.17	73.57	88.04	81.58	96.69	83.15	90.02	85.81	95.25
Peso del agua (g):	4.55	3.15	5.43	4.23	6.88	3.71	4.57	3.58	4.75
Muestra seca (g):	24.53	16.30	29.00	23.51	39.63	19.59	31.89	24.53	31.16
Contenido de humedad (%):	18.55	19.33	18.72	17.99	17.36	18.94	14.33	14.59	15.24
Humedad media (%)	18.87			18.10			14.72		
Densidad Seca (gr/cm ³):	1.73			1.78			1.85		

ENSAYO DE EXPANSIÓN

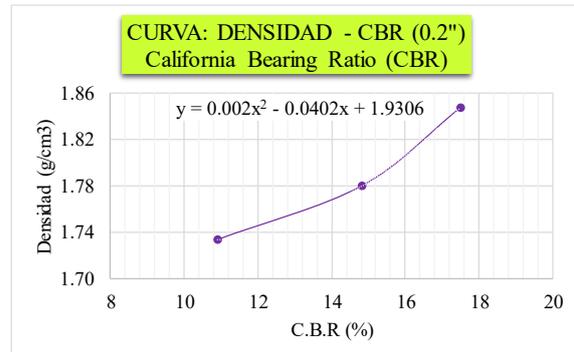
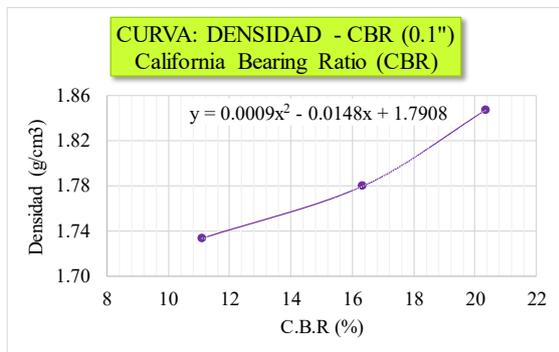
Hora y fecha de iniciación	Tiempo transcurrido (horas)	Molde M1 (12 golpes)				Molde M2 (26 golpes)				Molde M3 (55 golpes)			
		Sobrecarga: 6315.00 g		Sobrecarga: 5805.00 g		Sobrecarga: 5805.00 g		Sobrecarga: 5630.00 g					
		Dial	Def (mm)	%=S/H(100)	Dial	Def (mm)	%=S/H(100)	Dial	Def (mm)	%=S/H(100)			
12:02:00	18/02/2025	0	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00		
12:19:00	19/02/2025	24	14	0.356	0.28	10	0.254	0.20	6	0.152	0.12		
12:42:00	20/02/2025	48	18	0.457	0.36	12	0.305	0.24	7	0.178	0.14		
12:23:00	21/02/2025	72	21	0.533	0.42	15	0.381	0.30	9	0.229	0.18		
12:52:00	24/02/2025	96	22	0.559	0.44	16	0.406	0.32	10	0.254	0.20		

ENSAYO CARGA-PENETRACIÓN

Carga Unitaria Patrón (kg/cm ²)	Dial *0.001"	Penetración (mm)	Molde M1 (12 golpes)				Molde M2 (26 golpes)				Molde M3 (55 golpes)			
			Sobrecarga: 2239.85 g		Sobrecarga: 2239.85 g		Sobrecarga: 2239.85 g							
			Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)
0	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	
25	0.635	8	50.57	2.576	18	93.23	4.748	20	101.76	5.183				
50	1.270	21	106.03	5.400	31	148.69	7.573	39	182.81	9.311				
75	1.905	25	123.09	6.269	42	195.61	9.962	48	221.21	11.266				
70.31	100	2.540	32	152.95	7.790	11.08	49	225.47	11.483	16.33	62	280.93	14.308	20.35
125	3.175	37	174.28	8.876	56	255.33	13.004	66	297.99	15.177				
150	3.810	42	195.61	9.962	61	276.66	14.090	70	315.05	16.046				
105.46	200	5.080	49	225.47	11.483	10.89	68	306.52	15.611	14.80	81	361.98	18.435	17.48
300	7.620	62	280.93	14.308	83	370.51	18.870	95	421.70	21.477				
400	10.160	70	315.05	16.046	93	413.17	21.042	112	494.22	25.170				
500	12.700	80	357.71	18.218	102	451.56	22.998	125	549.67	27.995				



Número de golpes	CBR (%) 0.1"	CBR (%) 0.2"	Densidad Seca (gr/cm ³)	Expansión (%)
12	11.08	10.89	1.73	0.44
26	16.33	14.80	1.78	0.32
55	20.35	17.48	1.85	0.20



Penetración	0.1"	0.2"
CBR al 100 % de la MDS	24.28%	20.06%
CBR al 95 % de la MDS	20.15%	17.34%

Resultado del ensayo de CBR del tratamiento TP1-02



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132, ASTM D1883-73 y AASHTO T193-63

DATOS GENERALES			DATOS DEL ENSAYO		
Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.00%	Densidad seca máxima: 1.93 g/cm ³	Peso del martillo: 6.75 kg		
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.00%	Humedad óptima: 14.70%	Altura de caída del martillo: 45.50 cm		
Repetición: 2	Adición de cemento IP: 0.50%	Número de capas: 5	Área del pistón: 19.63 cm ²		

DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN

	H-19	H-20	H-21
Molde:			
Altura del molde (cm):	17.60	17.60	17.60
Altura del disco espaciador (cm):	5.00	5.00	5.00
Diámetro del molde (cm):	15.2	15.20	15.20
Altura de la muestra compactada (cm):	12.60	12.60	12.60
Volumen del molde (cm ³):	2286.38	2286.38	2286.38
Número de golpes por capa:	12	26	55
Peso del molde (g):	7039.00	7079.00	6699.00
Peso del molde + Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	11679.00	11844.00	11504.00
Peso del molde + Muestra compactada, después de la inmersión (g):	11759.00	11894.00	11545.00
Peso del agua absorbida (g):	80.00	50.00	41.00
Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	4640.00	4765.00	4805.00
Muestra compactada, después de la inmersión (g):	4720.00	4815.00	4846.00
Densidad húmeda (g/cm ³):	2.06	2.11	2.12

CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUÉS DE LA INMERSIÓN

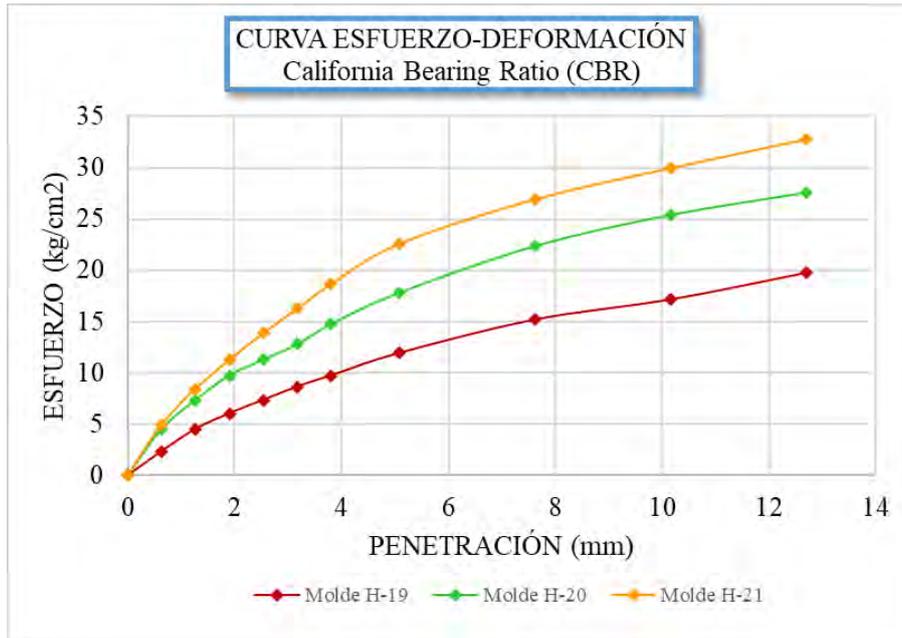
Molde:	H-19			H-20			H-21		
	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior
Peso de cápsula (g):	57.53	56.16	57.93	56.96	55.95	62.45	57.02	60.17	62.98
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	86.61	75.61	92.36	84.70	102.46	85.75	93.48	88.28	98.89
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	82.06	72.46	86.93	80.77	95.68	82.44	88.91	84.7	94.74
Peso del agua (g):	4.55	3.15	5.43	3.93	6.78	3.31	4.57	3.58	4.15
Muestra seca (g):	24.53	16.30	29.00	23.81	39.73	19.99	31.89	24.53	31.76
Contenido de humedad (%):	18.55	19.33	18.72	16.51	17.07	16.56	14.33	14.59	13.07
Humedad media (%):	18.87			16.71			14.00		
Densidad Seca (gr/cm ³):	1.74			1.80			1.86		

ENSAYO DE EXPANSIÓN

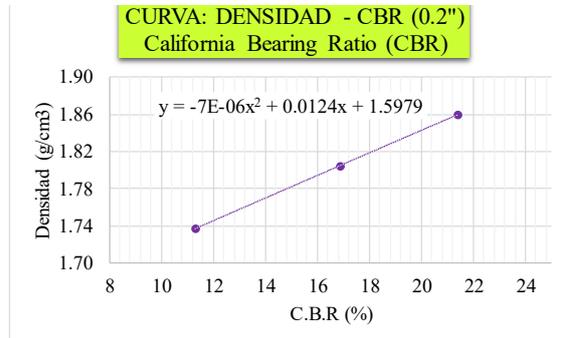
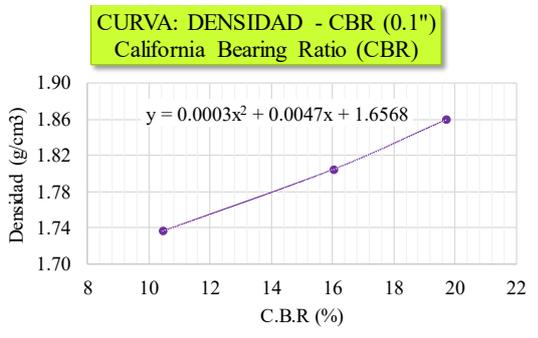
Hora y fecha de iniciación	Tiempo transcurrido (horas)	Molde H-19 (12 golpes)				Molde H-20 (26 golpes)				Molde H-21 (55 golpes)			
		Sobrecarga: 6315.00 g				Sobrecarga: 5805.00 g				Sobrecarga: 5630.00 g			
		Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)
12:00:00	03/03/2025	0	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0.00	
11:47:00	04/03/2025	24	14	0.356	0.28	10	0.254	0.20	8	0.203	0.16	0.16	
10:04:00	05/03/2025	48	19	0.483	0.38	15	0.381	0.30	10	0.254	0.20	0.20	
10:46:00	06/03/2025	72	19	0.483	0.38	18	0.457	0.36	13	0.330	0.26	0.26	
12:08:00	07/03/2025	96	20	0.508	0.40	18	0.457	0.36	14	0.356	0.28	0.28	

ENSAYO CARGA-PENETRACIÓN

Carga Unitaria Patrón (kg/cm ²)	Dial *0.001"	Penetración (mm)	Molde H-19 (12 golpes)				Molde H-20 (26 golpes)				Molde H-21 (55 golpes)			
			Sobrecarga: 2239.85 g				Sobrecarga: 2239.85 g				Sobrecarga: 2239.85 g			
			Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)
0	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	0.00	0	0.00	0.000	0.00		
25	0.635	7	46.31	2.358	17	88.97	4.531	19	97.50	4.966	19	97.50		
50	1.270	17	88.97	4.531	30	144.42	7.355	35	165.75	8.442	35	165.75		
75	1.905	24	118.83	6.052	41	191.35	9.745	48	221.21	11.266	48	221.21		
70.31	100	2.540	30	144.42	7.355	10.46	48	221.21	11.266	16.02	60	272.40	13.873	19.73
125	3.175	36	170.02	8.659	55	251.07	12.787	71	319.32	16.263	71	319.32		
150	3.810	41	191.35	9.745	64	289.46	14.742	82	366.24	18.653	82	366.24		
105.46	200	5.080	51	234.00	11.918	11.30	78	349.18	17.784	16.86	100	443.03	22.563	21.40
300	7.620	66	297.99	15.177	99	438.76	22.346	120	528.34	26.908	120	528.34		
400	10.160	75	336.38	17.132	113	498.48	25.388	134	588.06	29.950	134	588.06		
500	12.700	87	387.57	19.739	123	541.14	27.560	147	643.52	32.774	147	643.52		



Número de golpes	CBR (%) 0.1"	CBR (%) 0.2"	Densidad Seca (gr/cm ³)	Expansión (%)
12	10.46	11.30	1.74	0.40
26	16.02	16.86	1.80	0.36
55	19.73	21.40	1.86	0.28



Penetración	0.1"	0.2"
CBR al 100 % de la MDS	23.89%	27.28%
CBR al 95 % de la MDS	18.05%	19.26%

Resultado del ensayo de CBR del tratamiento TP1-03



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132, ASTM D1883-73 y AASHTO T193-63

DATOS GENERALES			DATOS DEL ENSAYO		
Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.00%	Densidad seca máxima: 1.92 g/cm ³	Peso del martillo: 6.76 kg		
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.00%	Humedad óptima: 14.80%	Altura de caída del martillo: 45.50 cm		
Repetición: 3	Adición de cemento IP: 0.50%	Número de capas: 5	Área del pistón: 19.63 cm ²		

DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN

Molde:	J-25	J-26	J-27
Altura del molde (cm):	17.60	17.60	17.60
Altura del disco espaciador (cm):	5.00	5.00	5.00
Diámetro del molde (cm):	15.2	15.20	15.20
Altura de la muestra compactada (cm):	12.60	12.60	12.60
Volumen del molde (cm ³):	2286.38	2286.38	2286.38
Número de golpes por capa:	12	26	55
Peso del molde (g):	7151.00	7191.00	6811.00
Peso del molde + Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	11791.00	11956.00	11616.00
Peso del molde + Muestra compactada, después de la inmersión (g):	11881.00	12026.00	11676.00
Peso del agua absorbida (g):	90.00	70.00	60.00
Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	4640.00	4765.00	4805.00
Muestra compactada, después de la inmersión (g):	4730.00	4835.00	4865.00
Densidad húmeda (g/cm ³):	2.07	2.11	2.13

CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUÉS DE LA INMERSIÓN

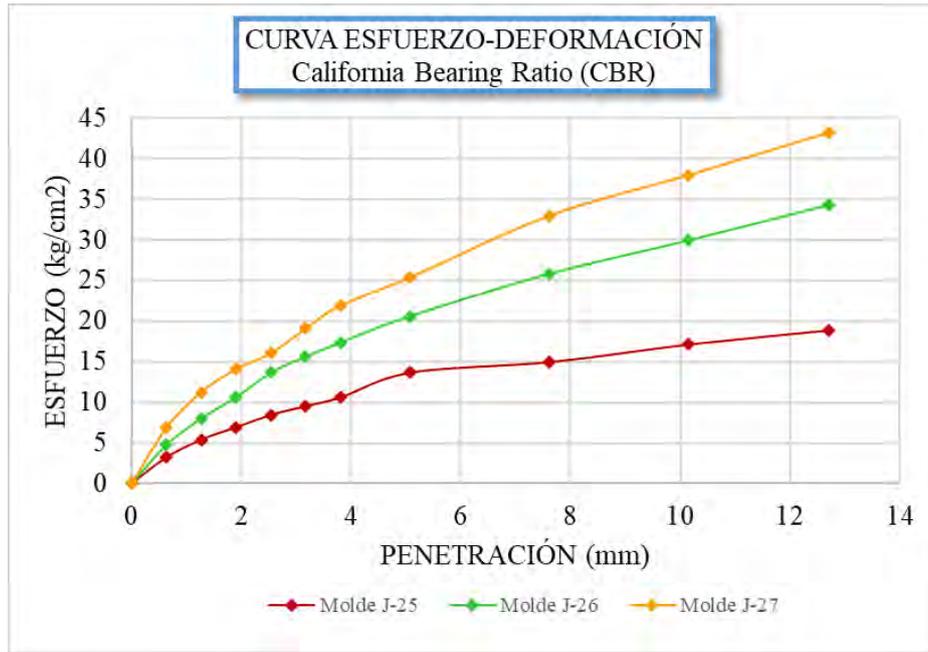
Molde:	J-25			J-26			J-27		
	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior
Peso de cápsula (g):	57.53	58.16	59.93	58.96	57.95	64.45	59.02	62.17	64.98
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	88.61	77.61	94.36	86.70	104.46	87.75	95.48	90.28	100.89
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	84.06	74.46	88.93	82.97	97.98	84.44	90.81	86.99	96.44
Peso del agua (g):	4.55	3.15	5.43	3.73	6.48	3.31	4.67	3.29	4.45
Muestra seca (g):	26.53	16.30	29.00	24.01	40.03	19.99	31.79	24.82	31.46
Contenido de humedad (%):	17.15	19.33	18.72	15.54	16.19	16.56	14.69	13.26	14.14
Humedad media (%):	18.40			16.09			14.03		
Densidad Seca (gr/cm ³):	1.75			1.82			1.87		

ENSAYO DE EXPANSIÓN

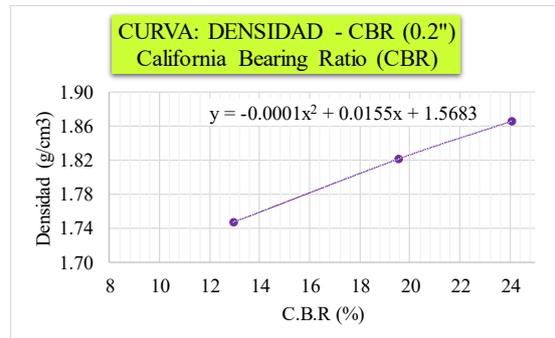
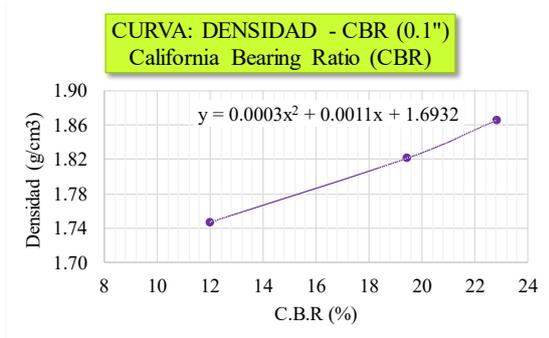
Hora y fecha de iniciación	Tiempo transcurrido (horas)	Molde J-25 (12 golpes)				Molde J-26 (26 golpes)				Molde J-27 (55 golpes)			
		Sobrecarga:		6315.00 g		Sobrecarga:		5805.00 g		Sobrecarga:		5630.00 g	
		Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)
12:23:00	24/03/2025	0	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00		
11:53:00	25/03/2025	24	11	0.279	0.22	9	0.229	0.18	7	0.178	0.14		
12:34:00	26/03/2025	48	17	0.432	0.34	15	0.381	0.30	9	0.229	0.18		
11:56:00	27/03/2025	72	20	0.508	0.40	16	0.406	0.32	13	0.330	0.26		
01:09:00	28/03/2025	96	20	0.508	0.40	17	0.432	0.34	13	0.330	0.26		

ENSAYO CARGA-PENETRACIÓN

Carga Unitaria Patrón (kg/cm ²)	Dial *0.001"	Penetración (mm)	Molde J-25 (12 golpes)				Molde J-26 (26 golpes)				Molde J-27 (55 golpes)			
			Sobrecarga:		2239.85 g		Sobrecarga:		2239.85 g		Sobrecarga:		2239.85 g	
			Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)
0	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	
25	0.635	11	63.37	3.227	18	93.23	4.748	28	135.89	6.921				
50	1.270	21	106.03	5.400	33	157.22	8.007	48	221.21	11.266				
75	1.905	28	135.89	6.921	45	208.41	10.614	61	276.66	14.090				
70.31	100	2.540	35	165.75	8.442	12.01	59	268.13	13.656	19.42	70	315.05	16.046	22.82
125	3.175	40	187.08	9.528	68	306.52	15.611	84	374.77	19.087				
150	3.810	45	208.41	10.614	76	340.65	17.349	97	430.23	21.911				
105.46	200	5.080	59	268.13	13.656	12.95	91	404.64	20.608	19.54	113	498.48	25.388	24.07
300	7.620	65	293.72	14.959	115	507.01	25.822	148	647.79	32.991				
400	10.160	75	336.38	17.132	134	588.06	29.950	171	745.90	37.988				
500	12.700	83	370.51	18.870	154	673.38	34.295	195	848.28	43.202				



Número de golpes	CBR (%)		Densidad Seca (gr/cm ³)	Expansión (%)
	0.1"	0.2"		
12	12.01	12.95	1.75	0.40
26	19.42	19.54	1.82	0.34
55	22.82	24.07	1.87	0.26



Penetración	0.1"	0.2"
CBR al 100 % de la MDS	26.41%	30.52%
CBR al 95 % de la MDS	19.63%	19.78%

Resultado del ensayo de CBR del tratamiento TP2-01



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132, ASTM D1883-73 y AASHTO T193-63

DATOS GENERALES			DATOS DEL ENSAYO		
Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.00%	Densidad seca máxima: 1.95 g/cm ³	Peso del martillo: 6.08 kg		
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.00%	Humedad óptima: 15.00%	Altura de caída del martillo: 45.50 cm		
Repetición: 1	Adición de cemento IP: 1.50%	Número de capas: 5	Área del pistón: 19.63 cm ²		

DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN			
Molde:	H3	H4	H5
Altura del molde (cm):	17.50	17.60	17.60
Altura del disco espaciador (cm):	5.00	5.00	5.00
Diámetro del molde (cm):	15.3	15.30	15.30
Altura de la muestra compactada (cm):	12.50	12.60	12.60
Volumen del molde (cm ³):	2298.17	2316.56	2316.56
Número de golpes por capa:	12	26	55
Peso del molde (g):	6770.00	7070.00	6800.00
Peso del molde + Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	11375.00	11830.00	11670.00
Peso del molde + Muestra compactada, después de la inmersión (g):	11485.00	11895.00	11715.00
Peso del agua absorbida (g):	110.00	65.00	45.00
Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	4605.00	4760.00	4870.00
Muestra compactada, después de la inmersión (g):	4715.00	4825.00	4915.00
Densidad húmeda (g/cm ³):	2.05	2.08	2.12

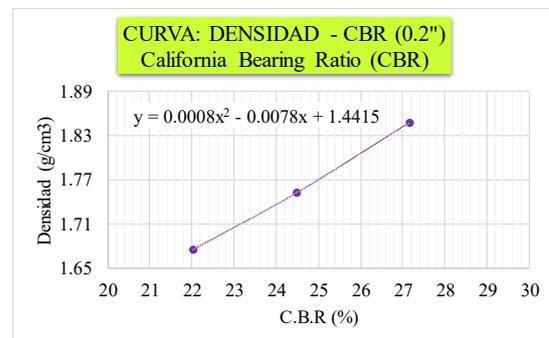
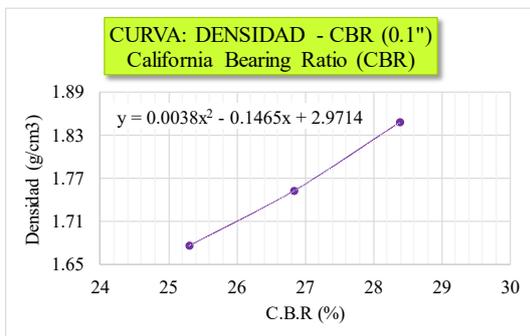
CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUÉS DE LA INMERSIÓN									
Molde:	H3			H4			H5		
	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior
Peso de cápsula (g):	57.41	54.93	56.22	58.82	57.72	59.05	56.62	58.6	60.02
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	84.82	85.95	79.36	96.08	107.50	81.47	85.61	109.41	88.87
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	79.82	80.01	75.29	90.26	99.26	78.02	81.96	102.95	84.99
Peso del agua (g):	5.00	5.94	4.07	5.82	8.24	3.45	3.65	6.46	3.88
Muestra seca (g):	22.41	25.08	19.07	31.44	41.54	18.97	25.34	44.35	24.97
Contenido de humedad (%):	22.31	23.68	21.34	18.51	19.84	18.19	14.40	14.57	15.54
Humedad media (%):	22.45			18.84			14.84		
Densidad Seca (gr/cm ³):	1.68			1.75			1.85		

ENSAYO DE EXPANSIÓN													
Hora y fecha de iniciación	Tiempo transcurrido (horas)	Molde H3 (12 golpes)				Molde H4 (26 golpes)				Molde H5 (55 golpes)			
		Sobrecarga:		5735.00 g		Sobrecarga:		5855.00 g		Sobrecarga:		5705.00 g	
		Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)
11:09:00	19/02/2025	0	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00		
12:13:00	20/02/2025	24	10	0.254	0.20	9	0.229	0.18	8	0.203	0.16		
12:09:00	21/02/2025	48	13	0.330	0.26	12	0.305	0.24	9	0.229	0.18		
12:50:00	24/02/2025	72	14	0.356	0.28	13	0.330	0.26	11	0.279	0.22		
12:23:00	25/02/2025	96	15	0.381	0.30	14	0.356	0.28	13	0.330	0.26		

ENSAYO CARGA-PENETRACIÓN														
Carga Unitaria Patrón (kg/cm ²)	Dial *0.001"	Penetración (mm)	Molde H3 (12 golpes)				Molde H4 (26 golpes)				Molde H5 (55 golpes)			
			Sobrecarga:		2239.85 g		Sobrecarga:		2239.85 g		Sobrecarga:		2239.85 g	
			Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)
0	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	
25	0.635	22	110.30	5.617	26	127.36	6.486	28	135.89	6.921				
50	1.270	44	204.14	10.397	47	216.94	11.049	51	234.00	11.918				
75	1.905	64	289.46	14.742	67	302.26	15.394	70	315.05	16.046				
70.31	100	2.540	78	349.18	17.784	25.29	83	370.51	18.870	26.84	88	391.84	19.956	28.38
125	3.175	89	396.10	20.173	91	404.64	20.608	100	443.03	22.563				
150	3.810	97	430.23	21.911	102	451.56	22.998	112	494.22	25.170				
105.46	200	5.080	103	455.83	23.215	22.01	115	507.01	25.822	24.49	128	562.47	28.646	27.16
300	7.620	108	477.15	24.301	129	566.74	28.864	148	647.79	32.991				
400	10.160	115	507.01	25.822	139	609.39	31.036	168	733.10	37.337				
500	12.700	118	519.81	26.474	149	652.05	33.209	188	818.42	41.682				



Número de golpes	CBR (%)		Densidad Seca (gr/cm ³)	Expansión (%)
	0.1"	0.2"		
12	25.29	22.01	1.68	0.30
26	26.84	24.49	1.75	0.28
55	28.38	27.16	1.85	0.26



Penetración	0.1"	0.2"
CBR al 100 % de la MDS	29.79%	29.73%
CBR al 95 % de la MDS	28.45%	27.29%

Resultado del ensayo de CBR del tratamiento TP2-02



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132, ASTM D1883-73 y AASHTO T193-63

DATOS GENERALES			DATOS DEL ENSAYO		
Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.00%	Densidad seca máxima: 1.95 g/cm ³			Peso del martillo: 6.42 kg
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.00%	Humedad óptima: 13.50%			Altura de caída del martillo: 45.50 cm
Repetición: 2	Adición de cemento IP: 1.50%	Número de capas: 5			Área del pistón: 19.63 cm ²

DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN

Molde:	H-22	H-23	H-24
Altura del molde (cm):	17.80	17.80	17.80
Altura del disco espaciador (cm):	5.00	5.00	5.00
Diámetro del molde (cm):	15.4	15.50	15.40
Altura de la muestra compactada (cm):	12.80	12.80	12.80
Volumen del molde (cm ³):	2384.19	2415.26	2384.19
Número de golpes por capa:	12	26	55
Peso del molde (g):	6645.00	6720.00	7750.00
Peso del molde + Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	11305.00	11680.00	12775.00
Peso del molde + Muestra compactada, después de la inmersión (g):	11520.00	11815.00	12860.00
Peso del agua absorbida (g):	215.00	135.00	85.00
Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	4660.00	4960.00	5025.00
Muestra compactada, después de la inmersión (g):	4875.00	5095.00	5110.00
Densidad húmeda (g/cm ³):	2.04	2.11	2.14

CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUÉS DE LA INMERSIÓN

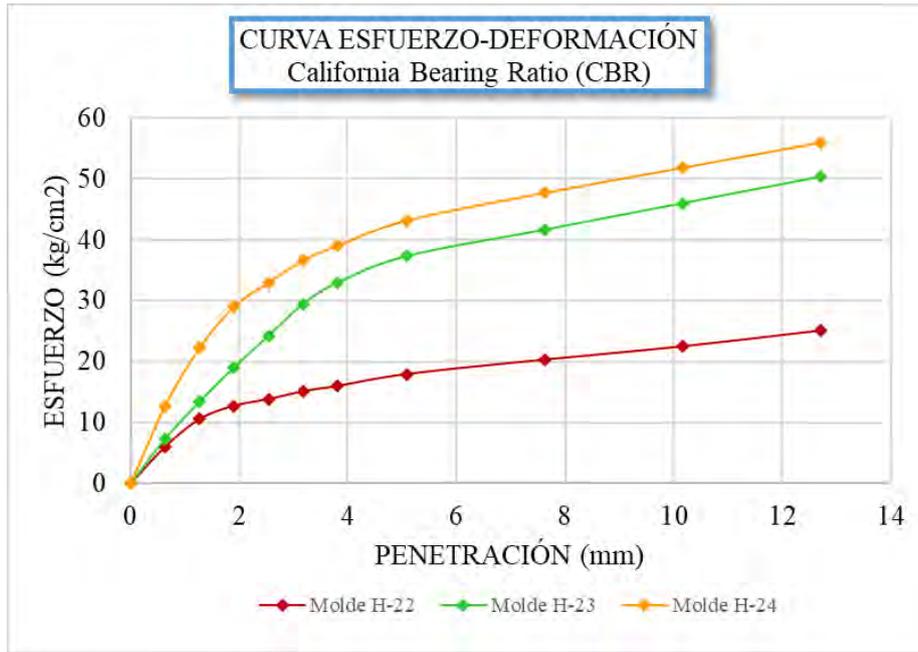
Molde:	H-22			H-23			H-24		
	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior
Peso de cápsula (g):	56.35	55.2	56.27	54.07	55.32	55.52	60.88	56.71	55.17
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	81.54	97.44	84.99	79.74	102.83	86.3	88.32	97.48	89.38
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	77.54	90.54	80.24	76.12	96.00	82.32	85.39	93.33	85.54
Peso del agua (g):	4.00	6.90	4.75	3.62	6.83	3.98	2.93	4.15	3.84
Muestra seca (g):	21.19	35.34	23.97	22.05	40.68	26.80	24.51	36.62	30.37
Contenido de humedad (%):	18.88	19.52	19.82	16.42	16.79	14.85	11.95	11.33	12.64
Humedad media (%):	19.41			16.02			11.98		
Densidad Seca (gr/cm ³):	1.71			1.82			1.91		

ENSAYO DE EXPANSIÓN

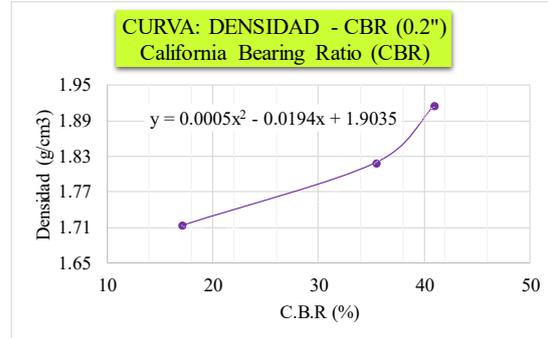
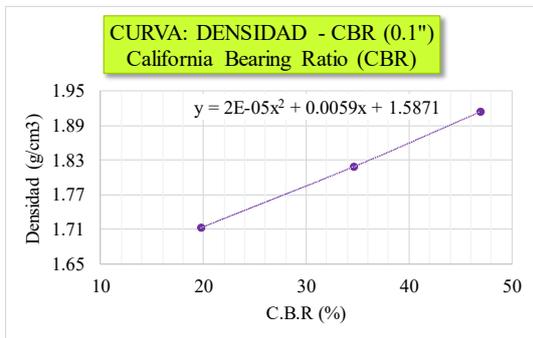
Hora y fecha de iniciación	Tiempo transcurrido (horas)	Molde H-22 (12 golpes)				Molde H-23 (26 golpes)			Molde H-24 (55 golpes)		
		Sobrecarga: 5275.00 g				Sobrecarga: 5245.00 g			Sobrecarga: 5215.00 g		
		Dial	Def. (mm)	%=S/H(100)		Dial	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	Def. (mm)	%=S/H(100)
12:04:00	03/03/2025	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	
11:43:00	04/03/2025	24	7	0.178	0.14	6	0.152	0.12	5	0.127	0.10
10:22:00	05/03/2025	48	8	0.203	0.16	7	0.178	0.14	7	0.178	0.14
10:45:00	06/03/2025	72	12	0.305	0.24	10	0.254	0.20	11	0.279	0.22
12:24:00	07/03/2025	96	13	0.330	0.26	12	0.305	0.24	11	0.279	0.22

ENSAYO CARGA-PENETRACIÓN

Carga Unitaria Patrón (kg/cm ²)	Dial *0.001"	Penetración (mm)	Molde H-22 (12 golpes)				Molde H-23 (26 golpes)				Molde H-24 (55 golpes)			
			Sobrecarga: 2239.85 g				Sobrecarga: 2239.85 g				Sobrecarga: 2239.85 g			
			Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)
0	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	
25	0.635	24	118.83	6.052	30	144.42	7.355	55	251.07	12.787				
50	1.270	45	208.41	10.614	58	263.86	13.438	99	438.76	22.346				
75	1.905	55	251.07	12.787	84	374.77	19.087	130	571.00	29.081				
70.31	100	2.540	60	272.40	13.873	19.73	108	477.15	24.301	34.56	148	647.79	32.991	46.92
125	3.175	66	297.99	15.177	132	579.53	29.515	165	720.30	36.685				
150	3.810	70	315.05	16.046	148	647.79	32.991	176	767.23	39.075				
105.46	200	5.080	79	353.45	18.001	17.07	168	733.10	37.337	35.40	195	848.28	43.202	40.97
300	7.620	90	400.37	20.391	188	818.42	41.682	216	937.86	47.765				
400	10.160	100	443.03	22.563	208	903.73	46.027	235	1018.91	51.893				
500	12.700	112	494.22	25.170	228	989.05	50.372	254	1099.96	56.021				



Número de golpes	CBR (%)	CBR (%)	Densidad Seca (gr/cm ³)	Expansión (%)
	0.1"	0.2"		
12	19.73	17.07	1.71	0.26
26	34.56	35.40	1.82	0.24
55	46.92	40.97	1.91	0.22



Penetración	0.1"	0.2"
CBR al 100 % de la MDS	51.34%	42.70%
CBR al 95 % de la MDS	39.08%	37.60%

Resultado del ensayo de CBR del tratamiento TP2-03



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132, ASTM D1883-73 y AASHTO T193-63

DATOS GENERALES			DATOS DEL ENSAYO		
Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.00%		Densidad seca máxima: 1.94 g/cm ³		Peso del martillo: 6.42 kg
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.00%		Humedad óptima: 13.70%		Altura de caída del martillo: 45.50 cm
Repetición: 3	Adición de cemento IP: 1.50%		Número de capas: 5		Área del pistón: 19.63 cm ²

DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN			
Molde:	J-28	J-29	J-30
Altura del molde (cm):	17.60	17.74	17.60
Altura del disco espaciador (cm):	5.00	5.00	5.00
Diámetro del molde (cm):	15.2	15.20	15.20
Altura de la muestra compactada (cm):	12.60	12.74	12.60
Volumen del molde (cm ³):	2286.38	2311.78	2286.38
Número de golpes por capa:	12	26	55
Peso del molde (g):	7236.00	5961.00	5846.00
Peso del molde + Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	11821.00	11061.00	11011.00
Peso del molde + Muestra compactada, después de la inmersión (g):	11972.00	11166.00	11096.00
Peso del agua absorbida (g):	151.00	105.00	85.00
Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	4585.00	5100.00	5165.00
Muestra compactada, después de la inmersión (g):	4736.00	5205.00	5250.00
Densidad húmeda (g/cm ³):	2.07	2.25	2.30

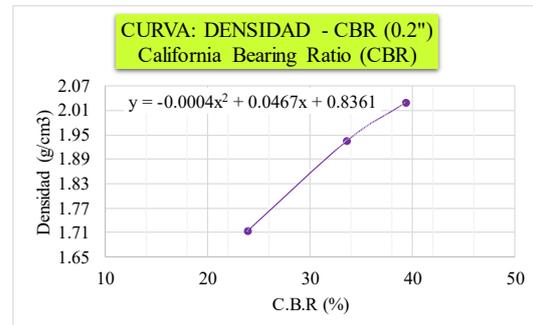
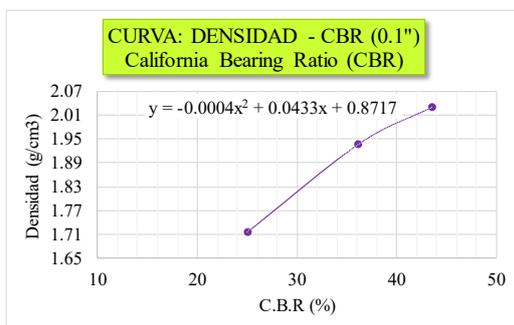
CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUÉS DE LA INMERSIÓN									
Molde:	J-28			J-29			J-30		
	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior
Peso de cápsula (g):	65.15	65.09	59.75	59.97	45.42	59.45	23.7	23.76	60.05
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	101.51	121.51	88.24	98.33	91.06	90.94	50.12	56.3	102.71
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	95.07	112.12	83.30	92.90	84.86	86.41	46.98	52.78	97.55
Peso del agua (g):	6.44	9.39	4.94	5.43	6.20	4.53	3.14	3.52	5.16
Muestra seca (g):	29.92	47.03	23.55	32.93	39.44	26.96	23.28	29.02	37.50
Contenido de humedad (%):	21.52	19.97	20.98	16.49	15.72	16.80	13.49	12.13	13.76
Humedad media (%):	20.82			16.34			13.13		
Densidad Seca (gr/cm ³):	1.71			1.94			2.03		

ENSAYO DE EXPANSIÓN													
Hora y fecha de iniciación	Tiempo transcurrido (horas)	Molde J-28 (12 golpes)				Molde J-29 (26 golpes)				Molde J-30 (55 golpes)			
		Sobrecarga:	Dial	Def. (mm)	%=S/H(100)	Sobrecarga:	Dial	Def. (mm)	%=S/H(100)	Sobrecarga:	Dial	Def. (mm)	%=S/H(100)
12:20:00	24/03/2025	0	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0.00	0	0.000	0.00	
01:08:00	25/03/2025	24	8	0.203	0.16	7	0.178	0.14	0.14	6	0.152	0.12	
12:39:00	26/03/2025	48	10	0.254	0.20	9	0.229	0.18	0.18	8	0.203	0.16	
11:53:00	27/03/2025	72	13	0.330	0.26	11	0.279	0.22	0.22	11	0.279	0.22	
01:07:00	28/03/2025	96	14	0.356	0.28	13	0.330	0.26	0.26	11	0.279	0.22	

ENSAYO CARGA-PENETRACIÓN															
Carga Unitaria Patrón (kg/cm ²)	Dial *0.001"	Penetración (mm)	Molde J-28 (12 golpes)				Molde J-29 (26 golpes)				Molde J-30 (55 golpes)				
			Sobrecarga:	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Sobrecarga:	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Sobrecarga:	Dial	Fuerza (kg)
		0	0.00	0.000	0.00	0	0.00	0.000	0.00	0	0.00	0.000	0.00		
		25	0.635	19	97.50	4.966	33	157.22	8.007	52	238.27	12.135			
		50	1.270	42	195.61	9.962	64	289.46	14.742	91	404.64	20.608			
		75	1.905	61	276.66	14.090	94	417.43	21.260	118	519.81	26.474			
	70.31	100	2.540	77	344.91	17.566	24.98	113	498.48	25.388	36.11	137	600.86	30.602	43.52
		125	3.175	89	396.10	20.173		127	558.20	28.429		155	677.65	34.512	
		150	3.810	98	434.50	22.129		139	609.39	31.036		166	724.57	36.902	
	105.46	200	5.080	112	494.22	25.170	23.87	159	694.71	35.381	33.55	187	814.15	41.464	39.32
		300	7.620	130	571.00	29.081		199	865.34	44.071		221	959.19	48.851	
		400	10.160	148	647.79	32.991		239	1035.97	52.762		246	1065.83	54.283	
		500	12.700	158	690.44	35.164		279	1206.61	61.452		277	1198.07	61.017	



Número de golpes	CBR (%)		Densidad Seca (gr/cm ³)	Expansión (%)
	0.1"	0.2"		
12	24.98	23.87	1.71	0.28
26	36.11	33.55	1.94	0.26
55	43.52	39.32	2.03	0.22



Penetración	0.1"	0.2"
CBR al 100 % de la MDS	36.41%	33.80%
CBR al 95 % de la MDS	30.86%	29.08%

Resultado del ensayo de CBR del tratamiento TP3-01



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132, ASTM D1883-73 y AASHTO T193-63

DATOS GENERALES			DATOS DEL ENSAYO		
Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.01%	Densidad seca máxima: 1.96 g/cm ³	Peso del martillo: 6.80 kg		
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.00%	Humedad óptima: 14.60%	Altura de caída del martillo: 45.50 cm		
Repetición: 1	Adición de cemento IP: 1.50%	Número de capas: 5	Área del pistón: 19.63 cm ²		

DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN

Molde:	M5	M24	M30
Altura del molde (cm):	17.90	17.70	17.80
Altura del disco espaciador (cm):	5.00	5.00	5.00
Diámetro del molde (cm):	15.4	15.30	15.30
Altura de la muestra compactada (cm):	12.90	12.70	12.80
Volumen del molde (cm ³):	2402.82	2334.94	2353.33
Número de golpes por capa:	12	26	55
Peso del molde (g):	6730.00	7780.00	7615.00
Peso del molde + Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	11650.00	12720.00	12790.00
Peso del molde + Muestra compactada, después de la inmersión (g):	11840.00	12785.00	12830.00
Peso del agua absorbida (g):	190.00	65.00	40.00
Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	4920.00	4940.00	5175.00
Muestra compactada, después de la inmersión (g):	5110.00	5005.00	5215.00
Densidad húmeda (g/cm ³):	2.13	2.14	2.22

CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUÉS DE LA INMERSIÓN

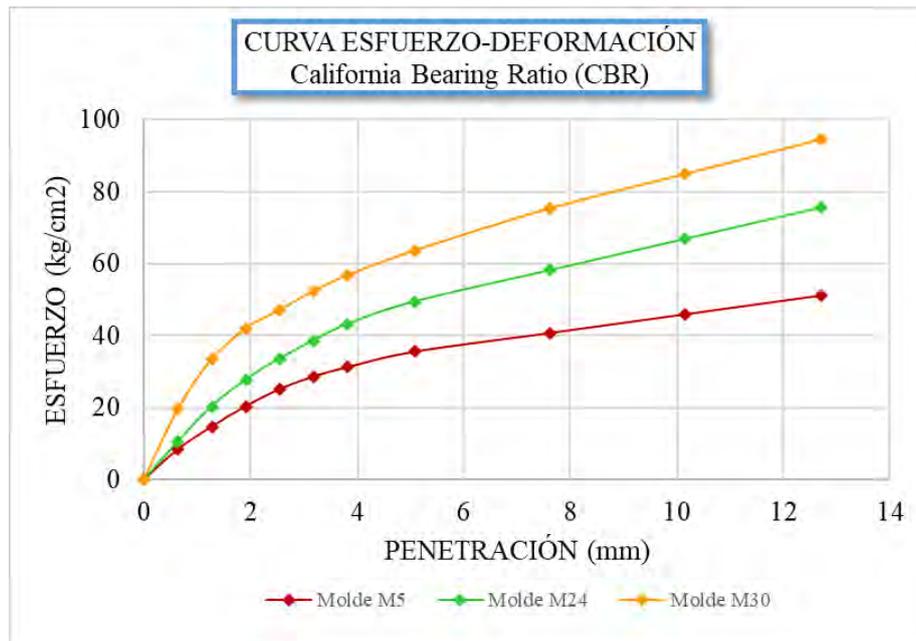
Molde:	M5			M24			M30		
	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior
Peso de cápsula (g):	58.27	61.29	57.28	58.59	57.8	62.95	58.46	62.06	64.11
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	77.73	91.83	76.87	92.88	92.30	98.88	88.19	90.25	109.88
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	74.99	87.51	73.49	88.24	87.82	94.28	84.31	86.73	104.42
Peso del agua (g):	2.74	4.32	3.38	4.64	4.48	4.60	3.88	3.52	5.46
Muestra seca (g):	16.72	26.22	16.21	29.65	30.02	31.33	25.85	24.67	40.31
Contenido de humedad (%):	16.39	16.48	20.85	15.65	14.92	14.68	15.01	14.27	13.55
Humedad media (%):	17.90			15.09			14.27		
Densidad Seca (gr/cm ³):	1.80			1.86			1.94		

ENSAYO DE EXPANSIÓN

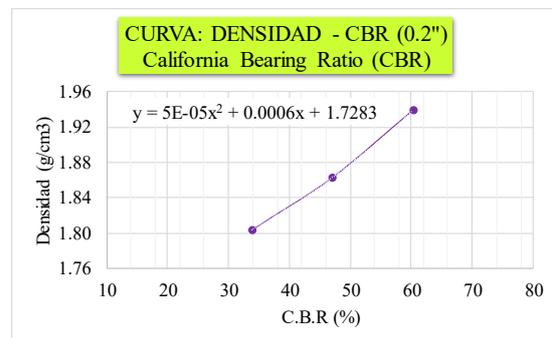
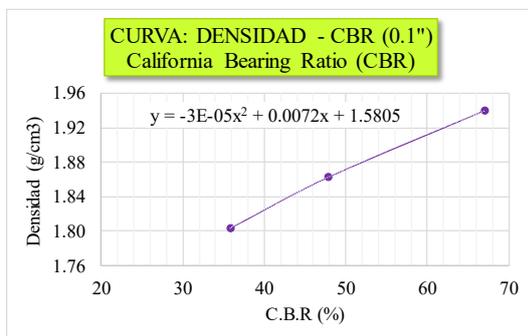
Hora y fecha de iniciación	Tiempo transcurrido (horas)	Molde M5 (12 golpes)			Molde M24 (26 golpes)			Molde M30 (55 golpes)			
		Sobrecarga: 5240.00 g			Sobrecarga: 5365.00 g			Sobrecarga: 5465.00 g			
		Dial	0.001"	Def. (mm) %=S/H(100)	Dial	Def. (mm) %=S/H(100)	Dial	Def. (mm) %=S/H(100)			
12:10:00	20/02/2025	0	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00
12:15:00	21/02/2025	24	3	0.076	0.06	2	0.051	0.04	1	0.025	0.02
12:17:00	24/02/2025	48	7	0.178	0.14	5	0.127	0.10	3	0.076	0.06
12:11:00	25/02/2025	72	9	0.229	0.18	6	0.152	0.12	4	0.102	0.08
12:33:00	26/02/2025	96	9	0.229	0.18	7	0.178	0.14	4	0.102	0.08

ENSAYO CARGA-PENETRACIÓN

Carga Unitaria Patrón (kg/cm ²)	Dial *0.001"	Penetración (mm)	Molde M5 (12 golpes)				Molde M24 (26 golpes)				Molde M30 (55 golpes)			
			Sobrecarga: 2239.85 g				Sobrecarga: 2239.85 g				Sobrecarga: 2239.85 g			
			Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)
0	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	
25	0.635	35	165.75	8.442	45	208.41	10.614	86	383.31	19.522				
50	1.270	64	289.46	14.742	90	400.37	20.391	150	656.32	33.426				
75	1.905	90	400.37	20.391	124	545.41	27.777	189	822.68	41.899				
70.31	100	2.540	112	494.22	25.170	35.80	151	660.58	33.643	47.85	213	925.06	47.113	67.01
125	3.175	128	562.47	28.646	174	758.70	38.640	237	1027.44	52.327				
150	3.810	140	613.66	31.253	195	848.28	43.202	257	1112.76	56.672				
105.46	200	5.080	160	698.98	35.599	33.76	224	971.99	49.503	46.94	289	1249.26	63.624	60.33
300	7.620	184	801.35	40.813	264	1142.62	58.193	343	1479.62	75.356				
400	10.160	208	903.73	46.027	304	1313.25	66.883	387	1667.31	84.916				
500	12.700	232	1006.11	51.241	344	1483.88	75.574	431	1855.01	94.475				



Número de golpes	CBR (%)		Densidad Seca (gr/cm ³)	Expansión (%)
	0.1"	0.2"		
12	35.80	33.76	1.80	0.18
26	47.85	46.94	1.86	0.14
55	67.01	60.33	1.94	0.08



Penetración	0.1"	0.2"
CBR al 100 % de la MDS	73.35%	63.52%
CBR al 95 % de la MDS	47.73%	46.82%

Resultado del ensayo de CBR del tratamiento TP3-02



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132, ASTM D1883-73 y AASHTO T193-63

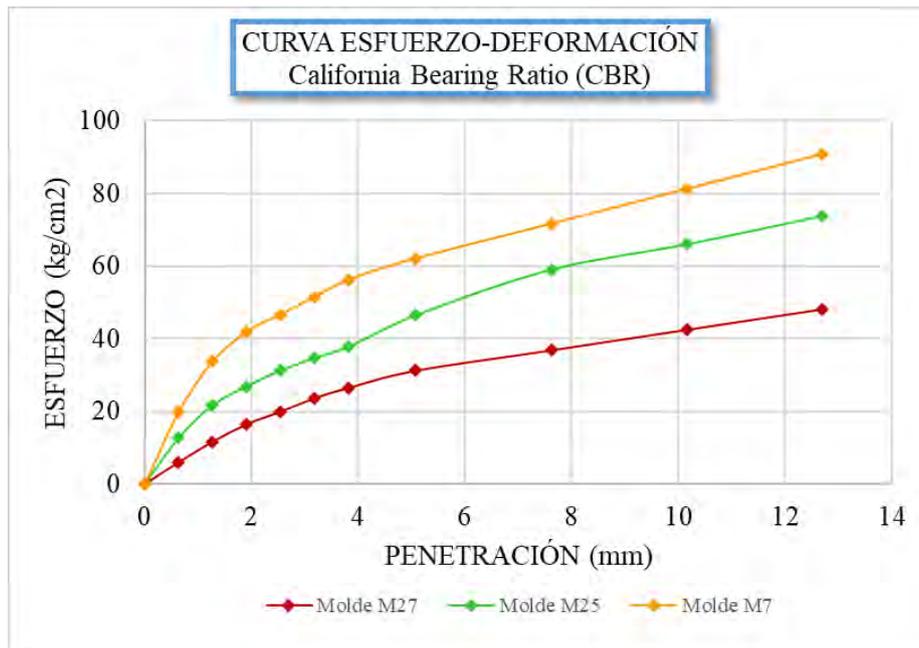
DATOS GENERALES			DATOS DEL ENSAYO		
Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.01%		Densidad seca máxima: 1.94 g/cm ³		Peso del martillo: 6.75 kg
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.00%		Humedad óptima: 15.20%		Altura de caída del martillo: 45.50 cm
Repetición: 2	Adición de cemento IP: 1.50%		Número de capas: 5		Área del pistón: 19.63 cm ²

DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN			
	H-31	H-32	H-33
Molde:			
Altura del molde (cm):	17.80	17.80	17.80
Altura del disco espaciador (cm):	5.00	5.00	5.00
Diámetro del molde (cm):	15.2	15.40	15.60
Altura de la muestra compactada (cm):	12.80	12.80	12.80
Volumen del molde (cm ³):	2322.67	2384.19	2446.52
Número de golpes por capa:	12	26	55
Peso del molde (g):	7885.00	8610.00	6910.00
Peso del molde + Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	12430.00	13450.00	12175.00
Peso del molde + Muestra compactada, después de la inmersión (g):	12685.00	13615.00	12225.00
Peso del agua absorbida (g):	255.00	165.00	50.00
Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	4545.00	4840.00	5265.00
Muestra compactada, después de la inmersión (g):	4800.00	5005.00	5315.00
Densidad húmeda (g/cm ³):	2.07	2.10	2.17

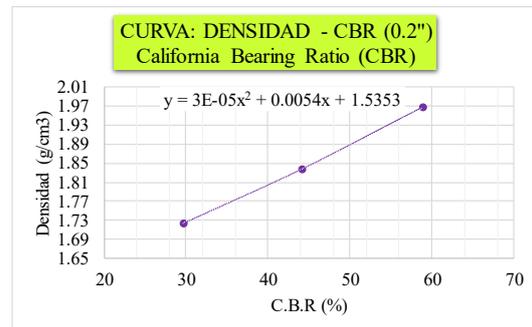
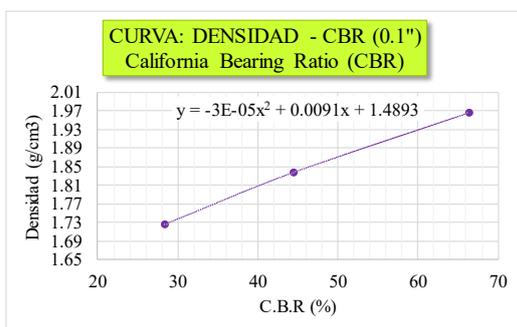
CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUÉS DE LA INMERSIÓN									
	H-31			H-32			H-33		
	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior
Molde:									
Peso de cápsula (g):	64.04	59.37	53.78	65.1	57.08	56.62	70.97	56.73	59.82
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	83.38	95.20	80.90	81.19	89.78	80.22	90.00	95.4	84.1
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	80.13	89.68	76.17	79.14	85.59	77.41	88.25	91.67	81.79
Peso del agua (g):	3.25	5.52	4.73	2.05	4.19	2.81	1.75	3.73	2.31
Muestra seca (g):	16.09	30.31	22.39	14.04	28.51	20.79	17.28	34.94	21.97
Contenido de humedad (%):	20.20	18.21	21.13	14.60	14.70	13.52	10.13	10.68	10.51
Humedad media (%):		19.85			14.27			10.44	
Densidad Seca (gr/cm ³):		1.72			1.84			1.97	

ENSAYO DE EXPANSIÓN													
Hora y fecha de iniciación	Tiempo transcurrido (horas)	Molde H-31 (12 golpes)				Molde H-32 (26 golpes)				Molde H-33 (55 golpes)			
		Sobrecarga:				Sobrecarga:				Sobrecarga:			
		Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)
12:10:00	03/03/2025	0	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00		
12:01:00	04/03/2025	24	4	0.102	0.08	3	0.076	0.06	2	0.051	0.04		
10:12:00	05/03/2025	48	5	0.127	0.10	5	0.127	0.10	3	0.076	0.06		
10:34:00	06/03/2025	72	9	0.229	0.18	8	0.203	0.16	4	0.102	0.08		
12:20:00	07/03/2025	96	9	0.229	0.18	8	0.203	0.16	6	0.152	0.12		

ENSAYO CARGA-PENETRACIÓN															
Carga Unitaria Patrón (kg/cm ²)	Dial *0.001"	Penetración (mm)	Molde H-31 (12 golpes)				Molde H-32 (26 golpes)				Molde H-33 (55 golpes)				
			Sobrecarga:				Sobrecarga:				Sobrecarga:				
			Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	
	0	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	
	25	0.635	24	118.83	6.052	55	251.07	12.787	88	391.84	19.956				
	50	1.270	50	229.74	11.700	96	425.96	21.694	152	664.85	33.860				
	75	1.905	72	323.59	16.480	120	528.34	26.908	189	822.68	41.899				
	70.31	100	2.540	88	391.84	19.956	28.38	140	613.66	31.253	44.45	211	916.53	46.679	66.39
	125	3.175	105	464.36	23.649	156	681.91	34.730	233	1010.38	51.458				
	150	3.810	118	519.81	26.474	170	741.63	37.771	255	1104.23	56.238				
	105.46	200	5.080	140	613.66	31.253	29.64	210	912.27	46.461	44.06	282	1219.40	62.104	58.89
	300	7.620	166	724.57	36.902	268	1159.68	59.062	326	1407.10	71.663				
	400	10.160	192	835.48	42.551	300	1296.19	66.014	370	1594.79	81.222				
	500	12.700	218	946.39	48.199	336	1449.76	73.835	414	1782.49	90.781				



Número de golpes	CBR (%) 0.1"	CBR (%) 0.2"	Densidad Seca (gr/cm ³)	Expansión (%)
12	28.38	29.64	1.72	0.18
26	44.45	44.06	1.84	0.16
55	66.39	58.89	1.97	0.12



Penetración	0.1"	0.2"
CBR al 100 % de la MDS	61.41%	55.93%
CBR al 95 % de la MDS	45.36%	44.77%

Resultado del ensayo de CBR del tratamiento TP3-03



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132, ASTM D1883-73 y AASHTO T193-63

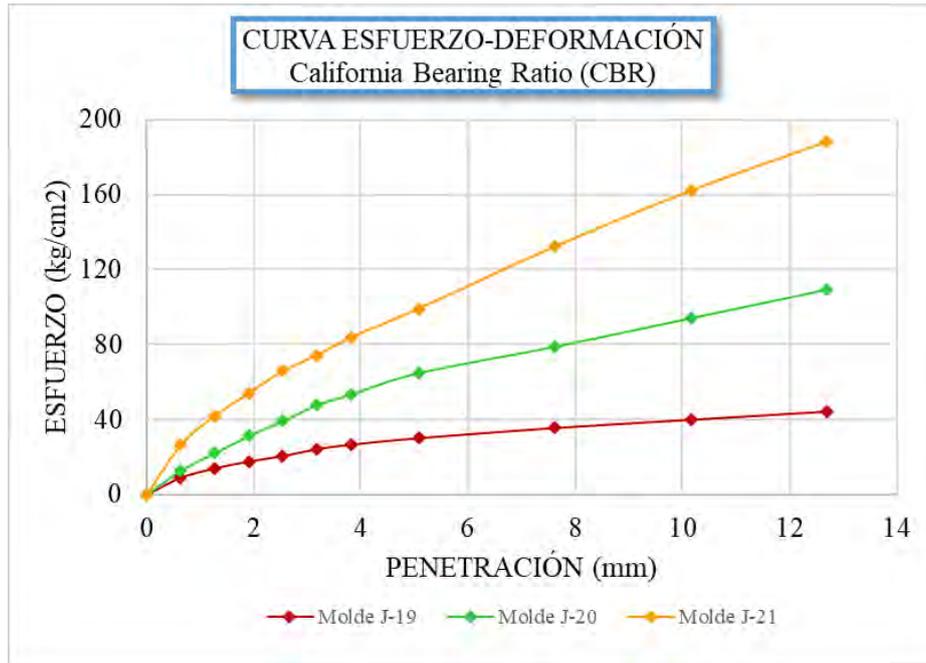
DATOS GENERALES			DATOS DEL ENSAYO		
Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.01%	Densidad seca máxima: 1.97 g/cm ³			Peso del martillo: 6.79 kg
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.00%	Humedad óptima: 14.50%			Altura de caída del martillo: 45.50 cm
Repetición: 3	Adición de cemento IP: 1.50%	Número de capas: 5			Área del pistón: 19.63 cm ²

DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN			
Molde:	J-19	J-20	J-21
Altura del molde (cm):	17.80	17.80	17.80
Altura del disco espaciador (cm):	5.00	5.00	5.00
Diámetro del molde (cm):	15.4	15.20	15.40
Altura de la muestra compactada (cm):	12.80	12.80	12.80
Volumen del molde (cm ³):	2384.19	2322.67	2384.19
Número de golpes por capa:	12	26	55
Peso del molde (g):	6845.00	7895.00	7730.00
Peso del molde + Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	11765.00	12835.00	12905.00
Peso del molde + Muestra compactada, después de la inmersión (g):	11950.00	12905.00	12935.00
Peso del agua absorbida (g):	185.00	70.00	30.00
Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	4920.00	4940.00	5175.00
Muestra compactada, después de la inmersión (g):	5105.00	5010.00	5205.00
Densidad húmeda (g/cm ³):	2.14	2.16	2.18

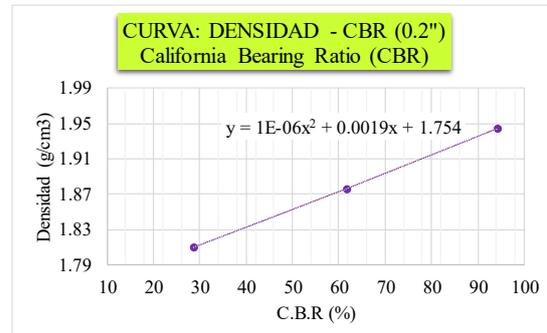
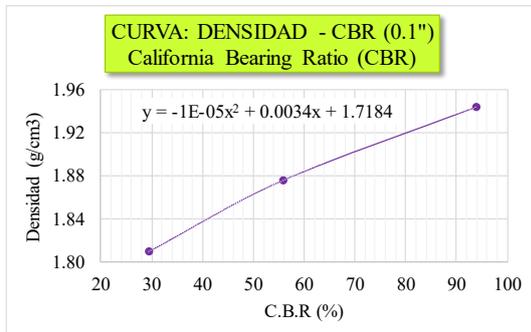
CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUÉS DE LA INMERSIÓN									
Molde:	J-19			J-20			J-21		
	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior
Peso de cápsula (g):	60.39	63.41	59.4	60.71	59.92	65.07	60.58	64.18	66.23
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	79.85	93.95	78.99	95.00	94.42	101	90.31	92.37	112
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	77.01	89.43	75.65	90.46	89.90	96.41	86.93	89.42	106.95
Peso del agua (g):	2.84	4.52	3.34	4.54	4.52	4.59	3.38	2.95	5.05
Muestra seca (g):	16.62	26.02	16.25	29.75	29.98	31.34	26.35	25.24	40.72
Contenido de humedad (%):	17.09	17.37	20.55	15.26	15.08	14.65	12.83	11.69	12.40
Humedad media (%):	18.34			14.99			12.31		
Densidad Seca (gr/cm ³):	1.81			1.88			1.94		

ENSAYO DE EXPANSIÓN													
Hora y fecha de iniciación	Tiempo transcurrido (horas)	Molde J-19 (12 golpes)				Molde J-20 (26 golpes)				Molde J-21 (55 golpes)			
		Sobrecarga: 5240.00 g				Sobrecarga: 5365.00 g				Sobrecarga: 5465.00 g			
		Dial	0.001"	Def (mm)	%=S/H(100)	Dial	0.001"	Def (mm)	%=S/H(100)	Dial	0.001"	Def (mm)	%=S/H(100)
12:08:00	24/03/2025	0	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00		
12:59:00	25/03/2025	24	1	0.025	0.02	1	0.025	0.02	1	0.025	0.02		
12:48:00	26/03/2025	48	3	0.076	0.06	1	0.025	0.02	2	0.051	0.04		
11:55:00	27/03/2025	72	3	0.076	0.06	2	0.051	0.04	4	0.102	0.08		
12:59:00	28/03/2025	96	6	0.152	0.12	5	0.127	0.10	4	0.102	0.08		

ENSAYO CARGA-PENETRACIÓN														
Carga Unitaria Patrón (kg/cm ²)	Dial *0.001"	Penetración (mm)	Molde J-19 (12 golpes)				Molde J-20 (26 golpes)				Molde J-21 (55 golpes)			
			Sobrecarga: 2239.85 g				Sobrecarga: 2239.85 g				Sobrecarga: 2239.85 g			
			Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)
0	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	
25	0.635	38	178.55	9.093	55	251.07	12.787	118	519.81	26.474				
50	1.270	61	276.66	14.090	98	434.50	22.129	190	826.95	42.116				
75	1.905	78	349.18	17.784	140	613.66	31.253	245	1061.57	54.065				
70.31	100	2.540	91	404.64	20.608	29.31	177	771.49	39.292	55.88	300	1296.19	66.014	93.89
125	3.175	108	477.15	24.301	216	937.86	47.765	338	1458.29	74.270				
150	3.810	119	524.08	26.691	242	1048.77	53.413	382	1645.98	83.829				
105.46	200	5.080	135	592.33	30.167	28.61	295	1274.86	64.928	61.57	453	1948.86	99.254	94.12
300	7.620	160	698.98	35.599	360	1552.14	79.050	605	2597.26	132.277				
400	10.160	180	784.29	39.944	430	1850.74	94.257	742	3181.67	162.041				
500	12.700	200	869.61	44.289	500	2149.35	109.465	862	3693.57	188.112				



Número de golpes	CBR (%) 0.1"	CBR (%) 0.2"	Densidad Seca (gr/cm ³)	Expansión (%)
12	29.31	28.61	1.81	0.12
26	55.88	61.57	1.88	0.10
55	93.89	94.12	1.94	0.08



Penetración	0.1"	0.2"
CBR al 100 % de la MDS	116.94%	106.21%
CBR al 95 % de la MDS	53.96%	59.47%

Resultado del ensayo de CBR del tratamiento TP4-01



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132, ASTM D1883-73 y AASHTO T193-63

DATOS GENERALES			DATOS DEL ENSAYO		
Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.03%		Densidad seca máxima: 1.97 g/cm ³		Peso del martillo: 6.42 kg
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.00%		Humedad óptima: 14.50%		Altura de caída del martillo: 45.50 cm
Repetición: 1	Adición de cemento IP: 1.50%		Número de capas: 5		Área del pistón: 19.63 cm ²

DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN

	M1	M2	M3
Molde:			
Altura del molde (cm):	17.70	17.60	17.50
Altura del disco espaciador (cm):	5.00	5.00	5.00
Diámetro del molde (cm):	15.24	15.25	15.10
Altura de la muestra compactada (cm):	12.70	12.60	12.50
Volumen del molde (cm ³):	2316.67	2301.44	2238.48
Número de golpes por capa:	12	26	55
Peso del molde (g):	6700.00	7080.00	7040.00
Peso del molde + Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	11425.00	11820.00	11780.00
Peso del molde + Muestra compactada, después de la inmersión (g):	11470.00	11845.00	11800.00
Peso del agua absorbida (g):	45.00	25.00	20.00
Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	4725.00	4740.00	4740.00
Muestra compactada, después de la inmersión (g):	4770.00	4765.00	4760.00
Densidad húmeda (g/cm ³):	2.06	2.07	2.13

CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUÉS DE LA INMERSIÓN

Molde:	M1			M2			M3		
	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior
Peso de cápsula (g):	53.45	61.25	57.82	62.06	58.28	62.92	58.56	57.63	58.76
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	74.20	96.75	82.51	85.39	99.37	89.46	94.32	90.46	92.28
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	70.83	91.20	78.37	82.30	93.54	85.88	91.03	87.45	89.15
Peso del agua (g):	3.37	5.55	4.14	3.09	5.83	3.58	3.29	3.01	3.13
Muestra seca (g):	17.38	29.95	20.55	20.24	35.26	22.96	32.47	29.82	30.39
Contenido de humedad (%):	19.39	18.53	20.15	15.27	16.53	15.59	10.13	10.09	10.30
Humedad media (%):	19.36			15.80			10.18		
Densidad Seca (gr/cm ³):	1.73			1.79			1.93		

ENSAYO DE EXPANSIÓN

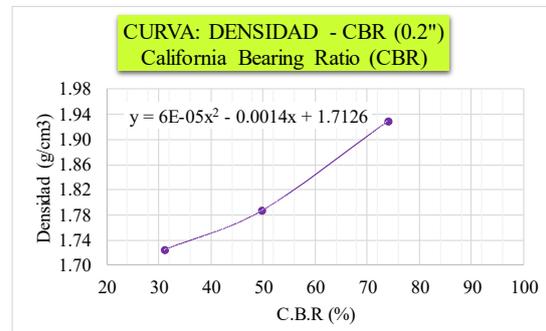
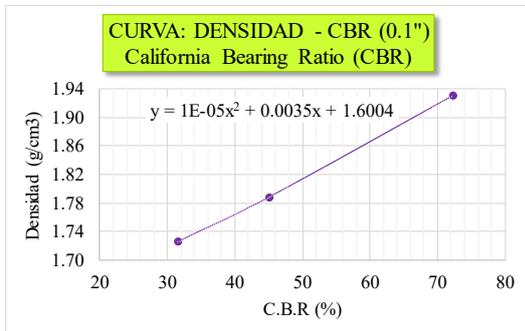
Hora y fecha de iniciación	Tiempo transcurrido (horas)	Molde M1 (12 golpes)				Molde M2 (26 golpes)				Molde M3 (55 golpes)			
		Sobrecarga:		5805.00 g		Sobrecarga:		5715.00 g		Sobrecarga:		5690.00 g	
		Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)
12:10:00	18/02/2025	0	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00		
12:15:00	19/02/2025	24	3	0.076	0.06	2	0.051	0.04	1	0.025	0.02		
12:17:00	20/02/2025	48	7	0.178	0.14	5	0.127	0.10	3	0.076	0.06		
12:11:00	21/02/2025	72	9	0.229	0.18	6	0.152	0.12	4	0.102	0.08		
12:33:00	24/02/2025	96	9	0.229	0.18	7	0.178	0.14	4	0.102	0.08		

ENSAYO CARGA-PENETRACIÓN

Carga Unitaria Patrón (kg/cm ²)	Dial *0.001"	Penetración (mm)	Molde M1 (12 golpes)				Molde M2 (26 golpes)				Molde M3 (55 golpes)			
			Sobrecarga: 2239.85 g				Sobrecarga: 2239.85 g				Sobrecarga: 2239.85 g			
			Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)
0	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	
25	0.635	35	165.75	8.442	47	216.94	11.049	108	477.15	24.301				
50	1.270	68	306.52	15.611	84	374.77	19.087	154	673.38	34.295				
75	1.905	84	374.77	19.087	118	519.81	26.474	199	865.34	44.071				
70.31	100	2.540	98	434.50	22.129	31.47	142	622.19	31.688	45.07	230	997.58	50.806	72.26
125	3.175	111	489.95	24.953	166	724.57	36.902	261	1129.82	57.541				
150	3.810	124	545.41	27.777	190	826.95	42.116	292	1262.06	64.276				
105.46	200	5.080	147	643.52	32.774	31.08	238	1031.71	52.544	49.82	355	1530.81	77.963	73.93
300	7.620	176	767.23	39.075	347	1496.68	76.225	465	2000.04	101.861				
400	10.160	216	937.86	47.765	426	1833.68	93.388	575	2469.28	125.760				
500	12.700	256	1108.49	56.455	486	2089.63	106.424	685	2938.52	149.658				



Número de golpes	CBR (%)	CBR (%)	Densidad Seca (gr/cm ³)	Expansión (%)
	0.1"	0.2"		
12	31.47	31.08	1.73	0.18
26	45.07	49.82	1.79	0.14
55	72.26	73.93	1.93	0.08



Penetración	0.1"	0.2"
CBR al 100 % de la MDS	79.23%	79.17%
CBR al 95 % de la MDS	61.54%	65.34%

Resultado del ensayo de CBR del tratamiento TP4-02



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132, ASTM D1883-73 y AASHTO T193-63

DATOS GENERALES			DATOS DEL ENSAYO		
Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.03%	Densidad seca máxima: 1.96 g/cm ³			Peso del martillo: 6.42 kg
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.00%	Humedad óptima: 15.30%			Altura de caída del martillo: 45.50 cm
Repetición: 2	Adición de cemento IP: 1.50%	Número de capas: 5			Área del pistón: 19.63 cm ²

DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN

Molde:	H-10	H-11	H-12
Altura del molde (cm):	17.80	17.60	17.30
Altura del disco espaciador (cm):	5.00	5.00	5.00
Diámetro del molde (cm):	15.24	15.24	15.24
Altura de la muestra compactada (cm):	12.80	12.60	12.30
Volumen del molde (cm ³):	2334.91	2298.43	2243.70
Número de golpes por capa:	12	26	55
Peso del molde (g):	6585.00	6965.00	6925.00
Peso del molde + Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	11310.00	11705.00	11665.00
Peso del molde + Muestra compactada, después de la inmersión (g):	11375.00	11750.00	11695.00
Peso del agua absorbida (g):	65.00	45.00	30.00
Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	4725.00	4740.00	4740.00
Muestra compactada, después de la inmersión (g):	4790.00	4785.00	4770.00
Densidad húmeda (g/cm ³):	2.05	2.08	2.13

CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUÉS DE LA INMERSIÓN

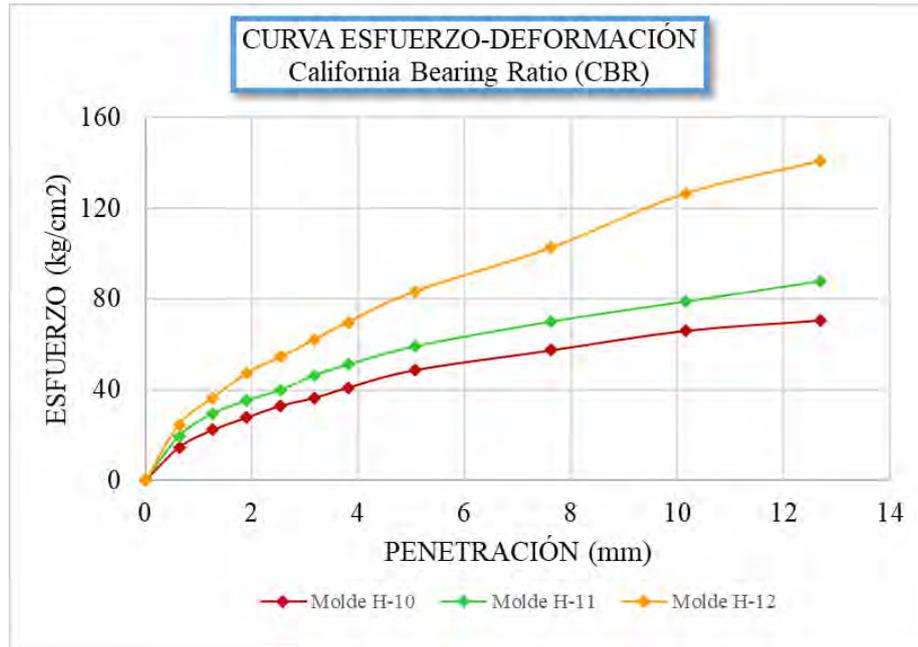
Molde:	H-10			H-11			H-12		
	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior
Peso de cápsula (g):	51.33	59.13	55.7	59.94	56.16	60.8	56.44	55.51	56.64
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	72.08	94.63	80.39	83.27	97.25	87.34	92.20	88.34	90.16
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	68.76	89.18	76.35	79.92	91.62	83.96	88.41	85.43	87.03
Peso del agua (g):	3.32	5.45	4.04	3.35	5.63	3.38	3.79	2.91	3.13
Muestra seca (g):	17.43	30.05	20.65	19.98	35.46	23.16	31.97	29.92	30.39
Contenido de humedad (%):	19.05	18.14	19.56	16.77	15.88	14.59	11.85	9.73	10.30
Humedad media (%):	18.92			15.75			10.63		
Densidad Seca (gr/cm ³):	1.73			1.80			1.92		

ENSAYO DE EXPANSIÓN

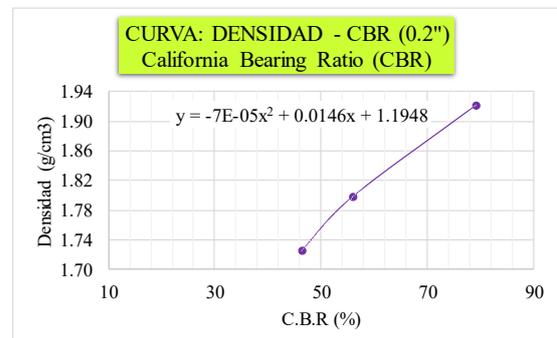
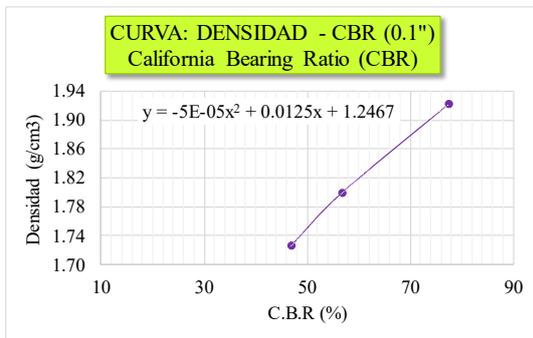
Hora y fecha de iniciación	Tiempo transcurrido (horas)	Molde H-10 (12 golpes)				Molde H-11 (26 golpes)				Molde H-12 (55 golpes)			
		Sobrecarga: 5805.00 g		Sobrecarga: 5715.00 g		Sobrecarga: 5690.00 g		Sobrecarga: 5690.00 g		Sobrecarga: 5690.00 g		Sobrecarga: 5690.00 g	
		Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)
12:20:00	03/03/2025	0	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0.00	
12:10:00	04/03/2025	24	1	0.025	0.02	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0.00	
10:18:00	05/03/2025	48	2	0.051	0.04	1	0.025	0.02	0	0.000	0.00	0.00	
10:55:00	06/03/2025	72	4	0.102	0.08	2	0.051	0.04	0	0.000	0.00	0.00	
12:14:00	07/03/2025	96	4	0.102	0.08	3	0.076	0.06	0	0.000	0.00	0.00	

ENSAYO CARGA-PENETRACIÓN

Carga Unitaria Patrón (kg/cm ²)	Dial *0.001"	Penetración (mm)	Molde H-10 (12 golpes)				Molde H-11 (26 golpes)				Molde H-12 (55 golpes)			
			Sobrecarga: 2239.85 g				Sobrecarga: 2239.85 g				Sobrecarga: 2239.85 g			
			Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)
0	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	
25	0.635	64	289.46	14.742	87	387.57	19.739	110	485.69	24.736	164	716.04	36.468	
50	1.270	99	438.76	22.346	132	579.53	29.515	164	716.04	36.468	214	929.33	47.330	
75	1.905	124	545.41	27.777	158	690.44	35.164	214	929.33	47.330	282	1219.40	62.104	
70.31	100	2.540	148	647.79	32.991	46.92	180	784.29	39.944	56.81	247	1070.10	54.500	77.51
125	3.175	164	716.04	36.468	209	908.00	46.244	282	1219.40	62.104	317	1368.71	69.708	
150	3.810	185	805.62	41.030	231	1001.85	51.024	317	1368.71	69.708	380	1637.45	83.395	
105.46	200	5.080	221	959.19	48.851	46.32	268	1159.68	59.062	56.00	380	1637.45	83.395	79.08
300	7.620	261	1129.82	57.541	318	1372.97	69.925	468	2012.84	102.513	578	2482.08	126.411	
400	10.160	301	1300.45	66.232	359	1547.87	78.832	578	2482.08	126.411	644	2763.62	140.750	
500	12.700	322	1390.04	70.794	400	1722.77	87.740	644	2763.62	140.750				



Número de golpes	CBR (%) 0.1"	CBR (%) 0.2"	Densidad Seca (gr/cm ³)	Expansión (%)
12	46.92	46.32	1.73	0.08
26	56.81	56.00	1.80	0.06
55	77.51	79.08	1.92	0.00



Penetración	0.1"	0.2"
CBR al 100 % de la MDS	85.96%	92.68%
CBR al 95 % de la MDS	66.59%	66.18%

Resultado del ensayo de CBR del tratamiento TP4-03



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132, ASTM D1883-73 y AASHTO T193-63

DATOS GENERALES			DATOS DEL ENSAYO		
Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.03%		Densidad seca máxima: 1.98 g/cm ³		Peso del martillo: 6.42 kg
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.00%		Humedad óptima: 14.40%		Altura de caída del martillo: 45.50 cm
Repetición: 3	Adición de cemento IP: 1.50%		Número de capas: 5		Área del pistón: 19.63 cm ²

DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN

	J-7	J-8	J-9
Molde:			
Altura del molde (cm):	17.80	17.60	17.30
Altura del disco espaciador (cm):	5.00	5.00	5.00
Diámetro del molde (cm):	15.2	15.20	15.20
Altura de la muestra compactada (cm):	12.80	12.60	12.30
Volumen del molde (cm ³):	2322.67	2286.38	2231.94
Número de golpes por capa:	12	26	55
Peso del molde (g):	6815.00	7195.00	7155.00
Peso del molde + Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	11540.00	11935.00	11895.00
Peso del molde + Muestra compactada, después de la inmersión (g):	11615.00	11990.00	11935.00
Peso del agua absorbida (g):	75.00	55.00	40.00
Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	4725.00	4740.00	4740.00
Muestra compactada, después de la inmersión (g):	4800.00	4795.00	4780.00
Densidad húmeda (g/cm ³):	2.07	2.10	2.14

CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUÉS DE LA INMERSIÓN

Molde:	J-7			J-8			J-9		
	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior
Peso de cápsula (g):	55.57	63.37	59.94	64.18	60.4	65.04	60.68	59.75	60.88
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	76.32	98.87	84.63	87.51	101.49	91.58	96.44	92.58	94.4
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	72.96	93.33	80.50	84.16	95.76	88.11	93.15	89.57	91.47
Peso del agua (g):	3.36	5.54	4.13	3.35	5.73	3.47	3.29	3.01	2.93
Muestra seca (g):	17.39	29.96	20.56	19.98	35.36	23.07	32.47	29.82	30.59
Contenido de humedad (%):	19.32	18.49	20.09	16.77	16.20	15.04	10.13	10.09	9.58
Humedad media (%):	19.30			16.00			9.93		
Densidad Seca (gr/cm ³):	1.73			1.81			1.95		

ENSAYO DE EXPANSIÓN

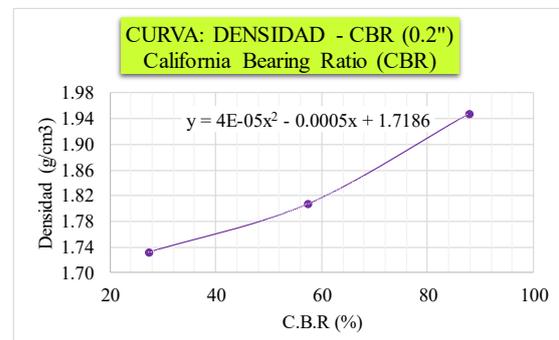
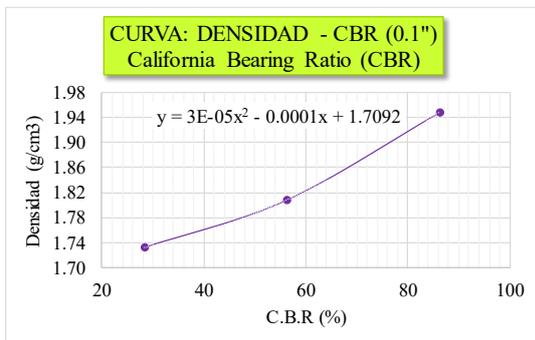
Hora y fecha de iniciación	Tiempo transcurrido (horas)	Molde J-7 (12 golpes)				Molde J-8 (26 golpes)				Molde J-9 (55 golpes)			
		Sobrecarga: 5805.00 g				Sobrecarga: 5715.00 g				Sobrecarga: 5690.00 g			
		Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)
12:06:00 24/03/2025	0	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0.00	0	0.000	0.00	0.00	
01:12:00 25/03/2025	24	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0.00	0	0.000	0.00	0.00	
12:40:00 26/03/2025	48	3	0.076	0.06	1	0.025	0.02	0.02	0	0.000	0.00	0.00	
11:49:00 27/03/2025	72	4	0.102	0.08	3	0.076	0.06	0.06	0	0.000	0.00	0.00	
01:12:00 28/03/2025	96	5	0.127	0.10	3	0.076	0.06	0.06	0	0.000	0.00	0.00	

ENSAYO CARGA-PENETRACIÓN

Carga Unitaria Patrón (kg/cm ²)	Dial *0.001"	Penetración (mm)	Molde J-7 (12 golpes)				Molde J-8 (26 golpes)				Molde J-9 (55 golpes)			
			Sobrecarga: 2239.85 g				Sobrecarga: 2239.85 g				Sobrecarga: 2239.85 g			
			Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)
0	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	0.00	0	0.00	0.000	0.00		
25	0.635	24	118.83	6.052	80	357.71	18.218	18.218	108	477.15	24.301	24.301		
50	1.270	49	225.47	11.483	121	532.61	27.126	27.126	175	762.96	38.857	38.857		
75	1.905	72	323.59	16.480	149	652.05	33.209	33.209	232	1006.11	51.241	51.241		
70.31	100	2.540	88	391.84	19.956	28.38	178	775.76	39.509	56.19	275	1189.54	60.583	60.583
125	3.175	98	434.50	22.129	206	895.20	45.592	45.592	309	1334.58	67.970	67.970		
150	3.810	108	477.15	24.301	234	1014.64	51.675	51.675	343	1479.62	75.356	75.356		
105.46	200	5.080	129	566.74	28.864	27.37	275	1189.54	60.583	57.45	422	1816.62	92.519	92.519
300	7.620	169	737.37	37.554	359	1547.87	78.832	78.832	574	2465.02	125.542	125.542		
400	10.160	209	908.00	46.244	419	1803.82	91.868	91.868	703	3015.31	153.568	153.568		
500	12.700	249	1078.63	54.934	479	2059.77	104.903	104.903	820	3514.40	178.987	178.987		



Número de golpes	CBR (%)	CBR (%)	Densidad Seca (gr/cm ³)	Expansión (%)
	0.1"	0.2"		
12	28.38	27.37	1.73	0.10
26	56.19	57.45	1.81	0.06
55	86.17	87.73	1.95	0.00



Penetración	0.1"	0.2"
CBR al 100 % de la MDS	91.60%	93.14%
CBR al 95 % de la MDS	73.42%	74.92%

Resultado del ensayo de CBR del tratamiento TP5-01



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132, ASTM D1883-73 y AASHTO T193-63

DATOS GENERALES			DATOS DEL ENSAYO		
Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.00%	Densidad seca máxima: 1.95 g/cm ³			Peso del martillo: 6.76 kg
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.01%	Humedad óptima: 14.80%			Altura de caída del martillo: 45.50 cm
Repetición: 1	Adición de cemento IP: 1.50%	Número de capas: 5			Área del pistón: 19.63 cm ²

DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN

	M27	M25	M7
Molde:			
Altura del molde (cm):	17.80	17.80	17.90
Altura del disco espaciador (cm):	5.00	5.00	5.00
Diámetro del molde (cm):	15.5	15.40	15.60
Altura de la muestra compactada (cm):	12.80	12.80	12.90
Volumen del molde (cm ³):	2415.26	2384.19	2465.64
Número de golpes por capa:	12	26	55
Peso del molde (g):	7770.00	8495.00	6795.00
Peso del molde + Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	12315.00	13335.00	12060.00
Peso del molde + Muestra compactada, después de la inmersión (g):	12575.00	13490.00	12105.00
Peso del agua absorbida (g):	260.00	155.00	45.00
Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	4545.00	4840.00	5265.00
Muestra compactada, después de la inmersión (g):	4805.00	4995.00	5310.00
Densidad húmeda (g/cm ³):	1.99	2.10	2.15

CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUÉS DE LA INMERSIÓN

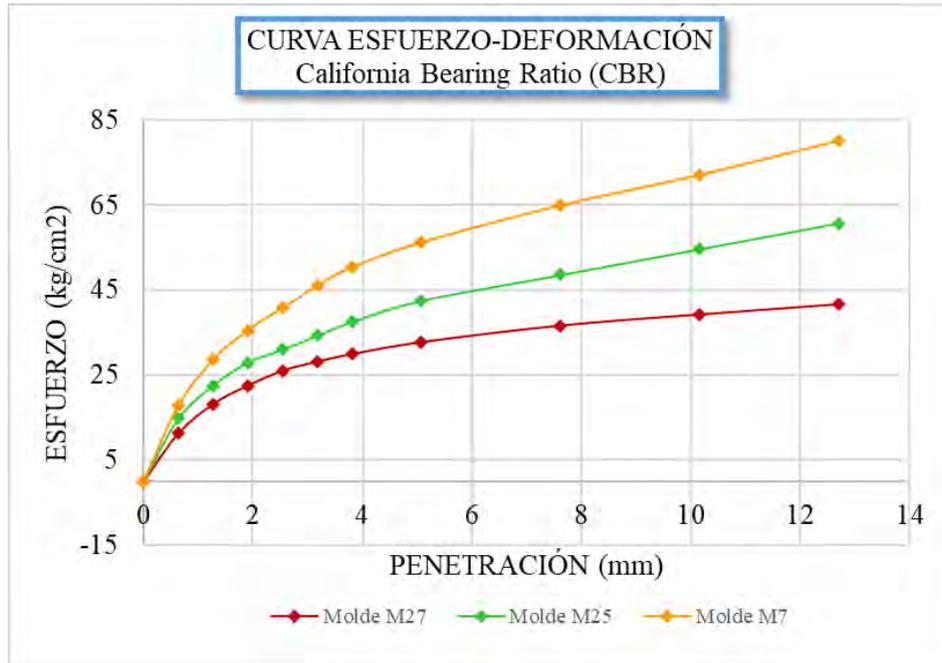
Molde:	M27			M25			M7		
	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior
Peso de cápsula (g):	61.92	57.25	51.66	62.98	54.96	54.5	68.85	54.61	57.7
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	81.26	93.08	78.78	79.07	87.66	78.1	87.88	93.28	81.98
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	78.11	87.57	73.98	76.99	83.19	74.89	86.11	89.53	79.66
Peso del agua (g):	3.15	5.51	4.80	2.08	4.47	3.21	1.77	3.75	2.32
Muestra seca (g):	16.19	30.32	22.32	14.01	28.23	20.39	17.26	34.92	21.96
Contenido de humedad (%):	19.46	18.17	21.51	14.85	15.83	15.74	10.25	10.74	10.56
Humedad media (%):	19.71			15.47			10.52		
Densidad Seca (gr/cm ³):	1.66			1.81			1.95		

ENSAYO DE EXPANSIÓN

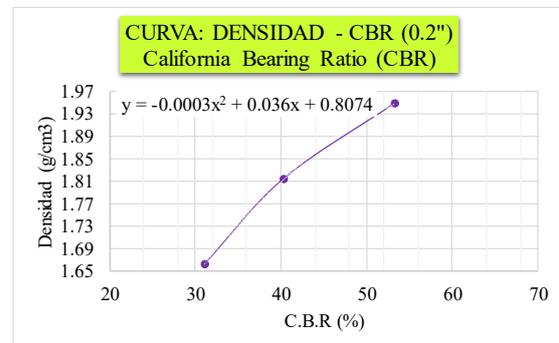
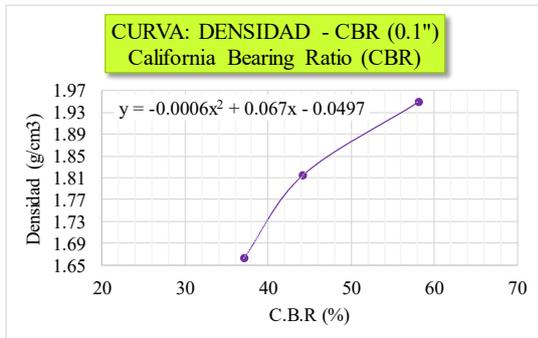
Hora y fecha de iniciación	Tiempo transcurrido (horas)	Molde M27 (12 golpes)				Molde M25 (26 golpes)				Molde M7 (55 golpes)			
		Sobrecarga:		5235.00 g		Sobrecarga:		5235.00 g		Sobrecarga:		5235.00 g	
		Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)
12:10:00	20/02/2025	0	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0.00	
12:15:00	21/02/2025	24	5	0.127	0.10	4	0.102	0.08	4	0.102	0.08	0.08	
12:17:00	24/02/2025	48	7	0.178	0.14	5	0.127	0.10	5	0.127	0.10	0.10	
12:11:00	25/02/2025	72	9	0.229	0.18	7	0.178	0.14	6	0.152	0.12	0.12	
12:33:00	26/02/2025	96	9	0.229	0.18	8	0.203	0.16	6	0.152	0.12	0.12	

ENSAYO CARGA-PENETRACIÓN

Carga Unitaria Patrón (kg/cm ²)	Dial *0.001"	Penetración (mm)	Molde M27 (12 golpes)				Molde M25 (26 golpes)				Molde M7 (55 golpes)			
			Sobrecarga:		2239.85 g		Sobrecarga:		2239.85 g		Sobrecarga:		2239.85 g	
			Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)
0	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	0.00	0	0.00	0.000	0.00		
25	0.635	48	221.21	11.266	64	289.46	14.742	78	349.18	17.784	78	349.18		
50	1.270	80	357.71	18.218	100	443.03	22.563	128	562.47	28.646	128	562.47		
75	1.905	100	443.03	22.563	125	549.67	27.995	160	698.98	35.599	160	698.98		
70.31	100	2.540	116	511.28	26.039	37.03	139	609.39	31.036	44.14	184	801.35		
125	3.175	126	553.94	28.212	154	673.38	34.295	208	903.73	46.027	208	903.73		
150	3.810	134	588.06	29.950	169	737.37	37.554	228	989.05	50.372	228	989.05		
105.46	200	5.080	147	643.52	32.774	31.08	192	835.48	42.551	40.35	255	1104.23		
300	7.620	165	720.30	36.685	220	954.92	48.634	295	1274.86	64.928	295	1274.86		
400	10.160	177	771.49	39.292	248	1074.37	54.717	328	1415.63	72.097	328	1415.63		
500	12.700	188	818.42	41.682	276	1193.81	60.800	365	1573.46	80.136	365	1573.46		



Número de golpes	CBR (%) 0.1"	CBR (%) 0.2"	Densidad Seca (gr/cm ³)	Expansión (%)
12	37.03	31.08	1.66	0.18
26	44.14	40.35	1.81	0.16
55	58.05	53.33	1.95	0.12



Penetración	0.1"	0.2"
CBR al 100 % de la MDS	59.19%	53.53%
CBR al 95 % de la MDS	46.51%	43.26%

Resultado del ensayo de CBR del tratamiento TP5-02



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132, ASTM D1883-73 y AASHTO T193-63

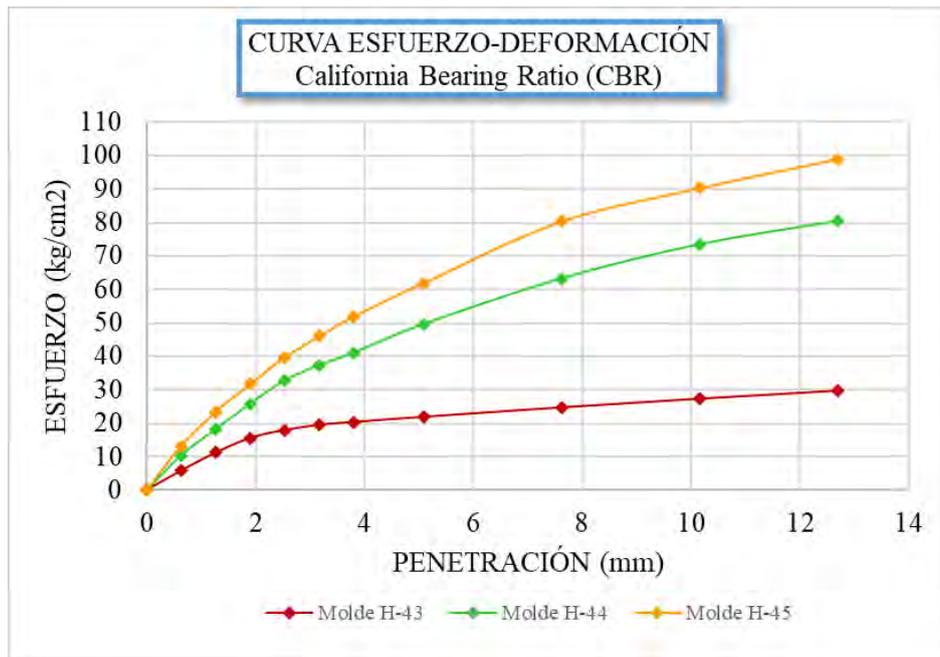
DATOS GENERALES			DATOS DEL ENSAYO		
Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.00%		Densidad seca máxima: 1.94 g/cm ³		Peso del martillo: 6.76 kg
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.01%		Humedad óptima: 13.60%		Altura de caída del martillo: 45.50 cm
Repetición: 2	Adición de cemento IP: 1.50%		Número de capas: 5		Área del pistón: 19.63 cm ²

DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN			
	H-43	H-44	H-45
Molde:			
Altura del molde (cm):	17.70	17.70	17.70
Altura del disco espaciador (cm):	5.00	5.00	5.00
Diámetro del molde (cm):	15.4	15.40	15.40
Altura de la muestra compactada (cm):	12.70	12.70	12.70
Volumen del molde (cm ³):	2365.57	2365.57	2365.57
Número de golpes por capa:	12	26	55
Peso del molde (g):	6935.00	7425.00	7475.00
Peso del molde + Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	11565.00	12445.00	12665.00
Peso del molde + Muestra compactada, después de la inmersión (g):	11775.00	12545.00	12700.00
Peso del agua absorbida (g):	210.00	100.00	35.00
Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	4630.00	5020.00	5190.00
Muestra compactada, después de la inmersión (g):	4840.00	5120.00	5225.00
Densidad húmeda (g/cm ³):	2.05	2.16	2.21

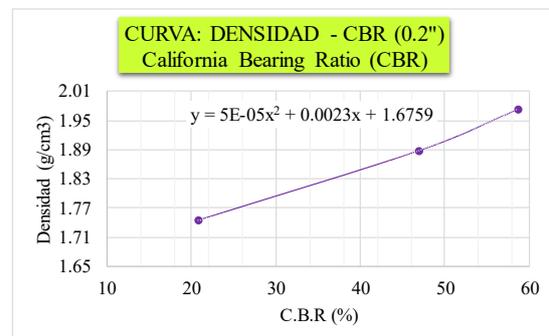
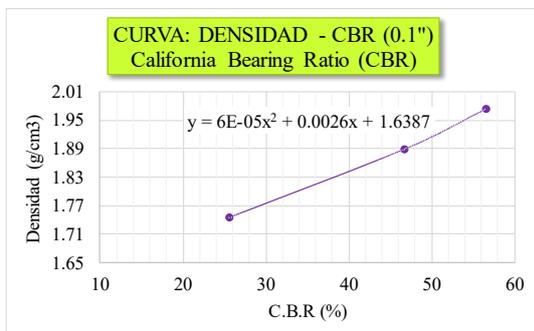
CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUÉS DE LA INMERSIÓN									
	H-43			H-44			H-45		
	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior
Peso de cápsula (g):	57.35	56.34	56.61	55.08	56.29	56.53	61.87	57.7	56.17
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	93.96	92.22	89.80	79.00	101.00	82.57	94.32	85.32	77.98
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	88.55	87.08	84.77	76.00	95.54	79.04	90.86	82.45	75.6
Peso del agua (g):	5.41	5.14	5.03	3.00	5.46	3.53	3.46	2.87	2.38
Muestra seca (g):	31.20	30.74	28.16	20.92	39.25	22.51	28.99	24.75	19.43
Contenido de humedad (%):	17.34	16.72	17.86	14.34	13.91	15.68	11.94	11.60	12.25
Humedad media (%):		17.31			14.64			11.93	
Densidad Seca (gr/cm ³):		1.74			1.89			1.97	

ENSAYO DE EXPANSIÓN													
Hora y fecha de iniciación	Tiempo transcurrido (horas)	Molde H-43 (12 golpes)				Molde H-44 (26 golpes)				Molde H-45 (55 golpes)			
		Sobrecarga: 5595.00 g		Sobrecarga: 5315.00 g		Sobrecarga: 5195.00 g		Sobrecarga: 5195.00 g		Sobrecarga: 5195.00 g		Sobrecarga: 5195.00 g	
		Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)
12:08:00	03/03/2025	0	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0.00	0	0.000	0.00	0.00
11:42:00	04/03/2025	24	7	0.178	0.14	6	0.152	0.12	0.12	4	0.102	0.08	0.08
10:13:00	05/03/2025	48	8	0.203	0.16	8	0.203	0.16	0.16	5	0.127	0.10	0.10
10:36:00	06/03/2025	72	11	0.279	0.22	9	0.229	0.18	0.18	7	0.178	0.14	0.14
12:10:00	07/03/2025	96	11	0.279	0.22	10	0.254	0.20	0.20	8	0.203	0.16	0.16

ENSAYO CARGA-PENETRACIÓN														
Carga Unitaria Patrón (kg/cm ²)	Dial *0.001"	Penetración (mm)	Molde H-43 (12 golpes)				Molde H-44 (26 golpes)				Molde H-45 (55 golpes)			
			Sobrecarga: 2239.85 g		Sobrecarga: 2239.85 g		Sobrecarga: 2239.85 g		Sobrecarga: 2239.85 g		Sobrecarga: 2239.85 g		Sobrecarga: 2239.85 g	
			Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)
	0	0.000	0	0.00	0.000		0	0.00	0.000		0	0.00	0.000	
	25	0.635	23	114.56	5.835		44	204.14	10.397		57	259.60	13.221	
	50	1.270	48	221.21	11.266		80	357.71	18.218		104	460.09	23.432	
	75	1.905	68	306.52	15.611		115	507.01	25.822		142	622.19	31.688	
	100	2.540	79	353.45	18.001	25.60	147	643.52	32.774	46.61	179	780.03	39.726	56.50
	125	3.175	86	383.31	19.522		168	733.10	37.337		208	903.73	46.027	
	150	3.810	90	400.37	20.391		185	805.62	41.030		235	1018.91	51.893	
	200	5.080	97	430.23	21.911	20.78	224	971.99	49.503	46.94	281	1215.14	61.886	58.68
	300	7.620	110	485.69	24.736		287	1240.73	63.190		366	1577.73	80.353	
	400	10.160	122	536.88	27.343		334	1441.22	73.401		412	1773.96	90.347	
	500	12.700	133	583.80	29.733		366	1577.73	80.353		452	1944.59	99.037	



Número de golpes	CBR (%)		Densidad Seca (gr/cm ³)	Expansión (%)
	0.1"	0.2"		
12	25.60	20.78	1.74	0.22
26	46.61	46.94	1.89	0.20
55	56.50	58.68	1.97	0.16



Penetración	0.1"	0.2"
CBR al 100 % de la MDS	52.79%	54.31%
CBR al 95 % de la MDS	40.80%	39.93%

Resultado del ensayo de CBR del tratamiento TP5-03



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132, ASTM D1883-73 y AASHTO T193-63

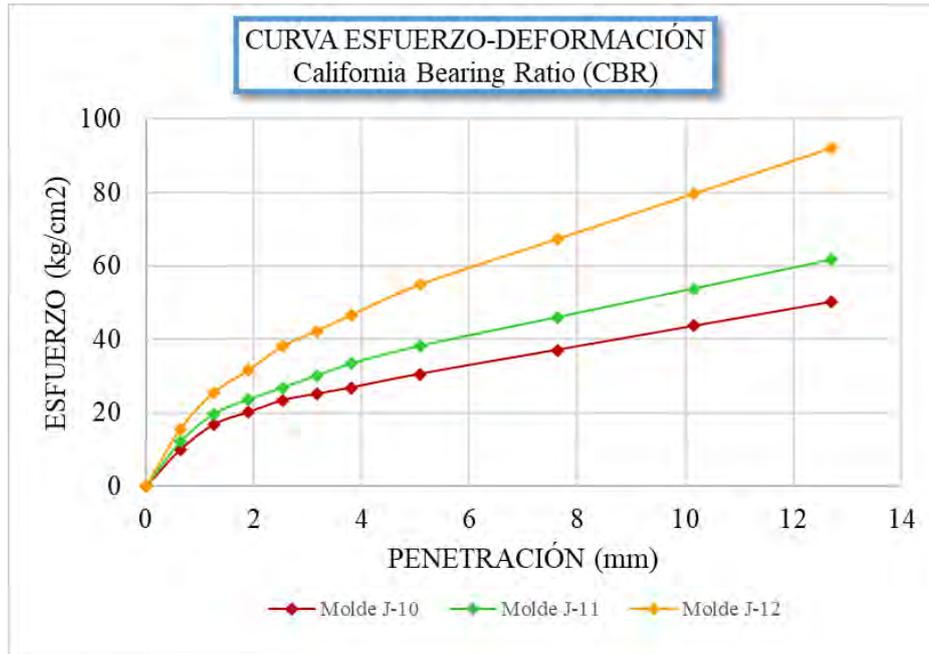
DATOS GENERALES			DATOS DEL ENSAYO		
Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.00%		Densidad seca máxima: 1.96 g/cm ³		Peso del martillo: 6.75 kg
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.01%		Humedad óptima: 13.90%		Altura de caída del martillo: 45.50 cm
Repetición: 3	Adición de cemento IP: 1.50%		Número de capas: 5		Área del pistón: 19.63 cm ²

DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN			
Molde:	J-10	J-11	J-12
Altura del molde (cm):	17.70	17.70	17.70
Altura del disco espaciador (cm):	5.00	5.00	5.00
Diámetro del molde (cm):	15.5	15.20	15.20
Altura de la muestra compactada (cm):	12.70	12.70	12.70
Volumen del molde (cm ³):	2396.39	2304.52	2304.52
Número de golpes por capa:	12	26	55
Peso del molde (g):	6885.00	7110.00	7690.00
Peso del molde + Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	11605.00	11770.00	12615.00
Peso del molde + Muestra compactada, después de la inmersión (g):	11850.00	11930.00	12715.00
Peso del agua absorbida (g):	245.00	160.00	100.00
Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	4720.00	4660.00	4925.00
Muestra compactada, después de la inmersión (g):	4965.00	4820.00	5025.00
Densidad húmeda (g/cm ³):	2.07	2.09	2.18

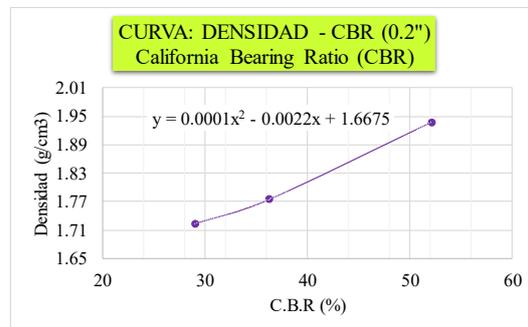
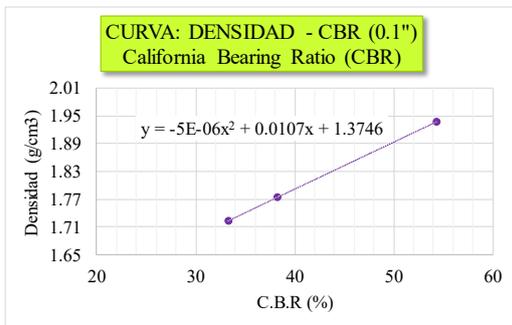
CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUÉS DE LA INMERSIÓN									
Molde:	J-10			J-11			J-12		
	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior
Peso de cápsula (g):	55.58	65.75	59.74	62.98	59.71	60.86	59.53	58.3	59.76
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	77.93	105.42	84.86	79.49	100.92	85.55	95.55	93.85	81.75
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	73.97	98.92	80.77	76.84	95.12	81.77	91.37	89.79	79.48
Peso del agua (g):	3.96	6.50	4.09	2.65	5.80	3.78	4.18	4.06	2.27
Muestra seca (g):	18.39	33.17	21.03	13.86	35.41	20.91	31.84	31.49	19.72
Contenido de humedad (%):	21.53	19.60	19.45	19.12	16.38	18.08	13.13	12.89	11.51
Humedad media (%):	20.19			17.86			12.51		
Densidad Seca (gr/cm ³):	1.72			1.77			1.94		

ENSAYO DE EXPANSIÓN													
Hora y fecha de iniciación	Tiempo transcurrido (horas)	Molde J-10 (12 golpes)				Molde J-11 (26 golpes)			Molde J-12 (55 golpes)				
		Sobrecarga: 5235.00 g		Sobrecarga: 5235.00 g		Sobrecarga: 5235.00 g			Sobrecarga: 5200.00 g				
		Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)
12:09:00	24/03/2025	0	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0.00	0	0.000	0.00	0.00
12:58:00	25/03/2025	24	6	0.152	0.12	0	0.000	0.00	0.00	0	0.000	0.00	0.00
12:50:00	26/03/2025	48	8	0.203	0.16	2	0.051	0.04	0.04	2	0.051	0.04	0.04
11:44:00	27/03/2025	72	9	0.229	0.18	4	0.102	0.08	0.08	3	0.076	0.06	0.06
01:02:00	28/03/2025	96	10	0.254	0.20	7	0.178	0.14	0.14	5	0.127	0.10	0.10

ENSAYO CARGA-PENETRACIÓN														
Carga Unitaria Patrón (kg/cm ²)	Dial *0.001"	Penetración (mm)	Molde J-10 (12 golpes)				Molde J-11 (26 golpes)				Molde J-12 (55 golpes)			
			Sobrecarga: 2239.85 g				Sobrecarga: 2239.85 g				Sobrecarga: 2239.85 g			
			Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)
0	0.000	0	0.00	0.000			0	0.00	0.000		0	0.00	0.000	
25	0.635	42	195.61	9.962			52	238.27	12.135		68	306.52	15.611	
50	1.270	74	332.12	16.915			87	387.57	19.739		114	502.75	25.605	
75	1.905	89	396.10	20.173			105	464.36	23.649		142	622.19	31.688	
70.31	100	2.540	104	460.09	23.432	33.33	120	528.34	26.908	38.27	172	750.17	38.206	54.34
125	3.175	112	494.22	25.170			135	592.33	30.167		191	831.22	42.333	
150	3.810	120	528.34	26.908			150	656.32	33.426		211	916.53	46.679	
105.46	200	5.080	137	600.86	30.602	29.02	172	750.17	38.206	36.23	249	1078.63	54.934	52.09
300	7.620	167	728.84	37.119			208	903.73	46.027		306	1321.78	67.318	
400	10.160	197	856.81	43.637			244	1057.30	53.848		363	1564.93	79.701	
500	12.700	227	984.78	50.155			280	1210.87	61.669		420	1808.08	92.085	



Número de golpes	CBR (%) 0.1"	CBR (%) 0.2"	Densidad Seca (gr/cm ³)	Expansión (%)
12	33.33	29.02	1.72	0.20
26	38.27	36.23	1.77	0.14
55	54.34	52.09	1.94	0.10



Penetración	0.1"	0.2"
CBR al 100 % de la MDS	56.52%	53.81%
CBR al 95 % de la MDS	46.83%	45.55%

Resultado del ensayo de CBR del tratamiento TP6-01



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132, ASTM D1883-73 y AASHTO T193-63

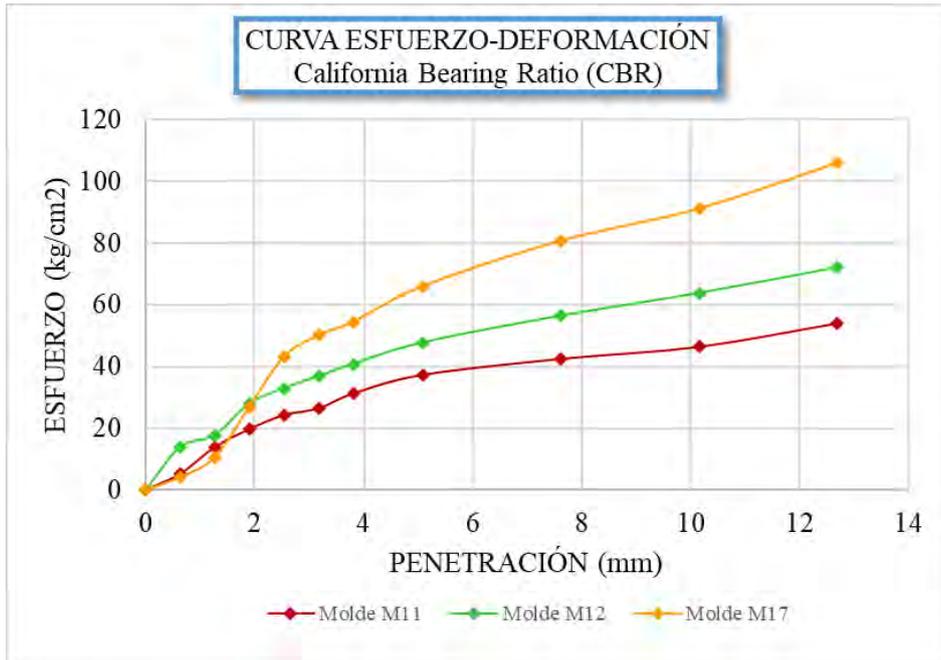
DATOS GENERALES			DATOS DEL ENSAYO		
Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.00%		Densidad seca máxima: 1.96 g/cm ³		Peso del martillo: 6.78 kg
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.03%		Humedad óptima: 14.50%		Altura de caída del martillo: 45.50 cm
Repetición: 1	Adición de cemento IP: 1.50%		Número de capas: 5		Área del pistón: 19.63 cm ²

DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN			
	M11	M12	M17
Molde:			
Altura del molde (cm):	17.90	17.90	17.70
Altura del disco espaciador (cm):	5.00	5.00	5.00
Diámetro del molde (cm):	15.4	15.50	15.15
Altura de la muestra compactada (cm):	12.90	12.90	12.70
Volumen del molde (cm ³):	2402.82	2434.13	2289.39
Número de golpes por capa:	12	26	55
Peso del molde (g):	6710.00	6710.00	7280.00
Peso del molde + Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	11420.00	11705.00	12210.00
Peso del molde + Muestra compactada, después de la inmersión (g):	11680.00	11850.00	12275.00
Peso del agua absorbida (g):	260.00	145.00	65.00
Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	4710.00	4995.00	4930.00
Muestra compactada, después de la inmersión (g):	4970.00	5140.00	4995.00
Densidad húmeda (g/cm ³):	2.07	2.11	2.18

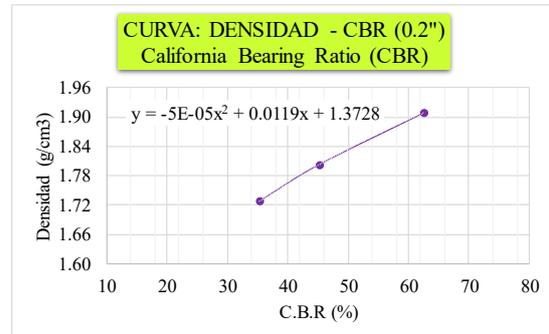
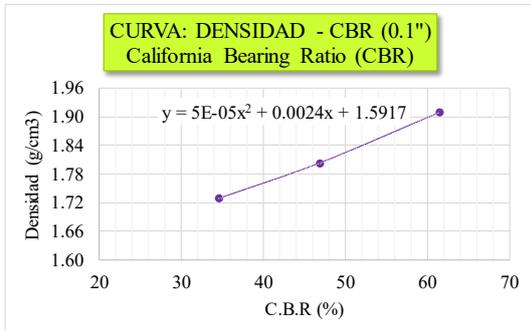
CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUÉS DE LA INMERSIÓN									
Molde:	M11			M12			M17		
	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior
Peso de cápsula (g):	61.97	57.74	58.98	60.03	61.96	57.08	60.88	56.6	64.12
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	93.57	100.07	93.61	84.79	95.69	89.46	89.05	90.48	95.46
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	88.36	93.35	87.71	81.22	91.05	84.38	85.54	86.21	91.54
Peso del agua (g):	5.21	6.72	5.90	3.57	4.64	5.08	3.51	4.27	3.92
Muestra seca (g):	26.39	35.61	28.73	21.19	29.09	27.30	24.66	29.61	27.42
Contenido de humedad (%):	19.74	18.87	20.54	16.85	15.95	18.61	14.23	14.42	14.30
Humedad media (%):	19.72			17.14			14.32		
Densidad Seca (gr/cm ³):	1.73			1.80			1.91		

ENSAYO DE EXPANSIÓN													
Hora y fecha de iniciación	Tiempo transcurrido (horas)	Molde M11 (12 golpes)				Molde M12 (26 golpes)				Molde M17 (55 golpes)			
		Sobrecarga: 5220.00 g		Sobrecarga: 5220.00 g		Sobrecarga: 5215.00 g		Sobrecarga: 5215.00 g		Sobrecarga: 5200.00 g		Sobrecarga: 5200.00 g	
		Dial	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	Def. (mm)	%=S/H(100)
12:10:00	21/02/2025	0	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0.00	0	0.000	0.00	
12:15:00	24/02/2025	24	2	0.051	0.04	0	0.000	0.00	0.00	0	0.000	0.00	
12:17:00	25/02/2025	48	3	0.076	0.06	1	0.025	0.02	0.02	0	0.000	0.00	
12:11:00	26/02/2025	72	4	0.102	0.08	3	0.076	0.06	0.06	2	0.051	0.04	
12:33:00	27/02/2025	96	5	0.127	0.10	4	0.102	0.08	0.08	3	0.076	0.06	

ENSAYO CARGA-PENETRACIÓN														
Carga Unitaria Patrón (kg/cm ²)	Dial *0.001"	Penetración (mm)	Molde M11 (12 golpes)				Molde M12 (26 golpes)				Molde M17 (55 golpes)			
			Sobrecarga: 2239.85 g				Sobrecarga: 2239.85 g				Sobrecarga: 2239.85 g			
			Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)
0	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	0.00	0	0.00	0.000	0.00		
25	0.635	20	101.76	5.183	60	272.40	13.873	15	80.43	4.097				
50	1.270	60	272.40	13.873	78	349.18	17.784	45	208.41	10.614				
75	1.905	87	387.57	19.739	125	549.67	27.995	120	528.34	26.908				
70.31	100	2.540	108	477.15	24.301	34.56	148	647.79	32.991	46.92	195	848.28	43.202	61.45
125	3.175	118	519.81	26.474	166	724.57	36.902	227	984.78	50.155				
150	3.810	140	613.66	31.253	184	801.35	40.813	247	1070.10	54.500				
105.46	200	5.080	168	733.10	37.337	35.40	216	937.86	47.765	45.29	300	1296.19	66.014	62.60
300	7.620	192	835.48	42.551	256	1108.49	56.455	368	1586.26	80.788				
400	10.160	210	912.27	46.461	290	1253.53	63.842	416	1791.02	91.216				
500	12.700	245	1061.57	54.065	328	1415.63	72.097	484	2081.09	105.989				



Número de golpes	CBR (%) 0.1"	CBR (%) 0.2"	Densidad Seca (gr/cm ³)	Expansión (%)
12	34.56	35.40	1.73	0.10
26	46.92	45.29	1.80	0.08
55	61.45	62.60	1.91	0.06



Penetración	0.1"	0.2"
CBR al 100 % de la MDS	67.69%	73.83%
CBR al 95 % de la MDS	55.37%	54.32%

Resultado del ensayo de CBR del tratamiento TP6-02



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132, ASTM D1883-73 y AASHTO T193-63

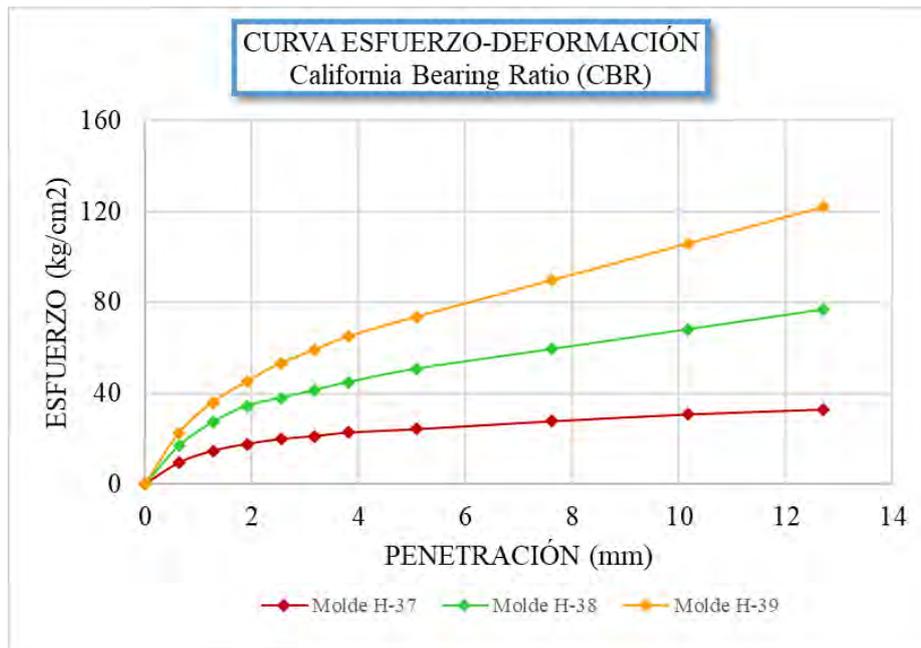
DATOS GENERALES			DATOS DEL ENSAYO		
Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.00%		Densidad seca máxima: 1.96 g/cm ³		Peso del martillo: 6.80 kg
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.03%		Humedad óptima: 14.80%		Altura de caída del martillo: 45.50 cm
Repetición: 2	Adición de cemento IP: 1.50%		Número de capas: 5		Área del pistón: 19.63 cm ²

DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN			
Molde:	H-37	H-38	H-39
Altura del molde (cm):	17.80	17.80	17.70
Altura del disco espaciador (cm):	5.00	5.00	5.00
Diámetro del molde (cm):	15.2	15.40	15.20
Altura de la muestra compactada (cm):	12.80	12.80	12.70
Volumen del molde (cm ³):	2322.67	2384.19	2304.52
Número de golpes por capa:	12	26	55
Peso del molde (g):	6840.00	6945.00	7725.00
Peso del molde + Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	11375.00	11855.00	12640.00
Peso del molde + Muestra compactada, después de la inmersión (g):	11710.00	12030.00	12740.00
Peso del agua absorbida (g):	335.00	175.00	100.00
Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	4535.00	4910.00	4915.00
Muestra compactada, después de la inmersión (g):	4870.00	5085.00	5015.00
Densidad húmeda (g/cm ³):	2.10	2.13	2.18

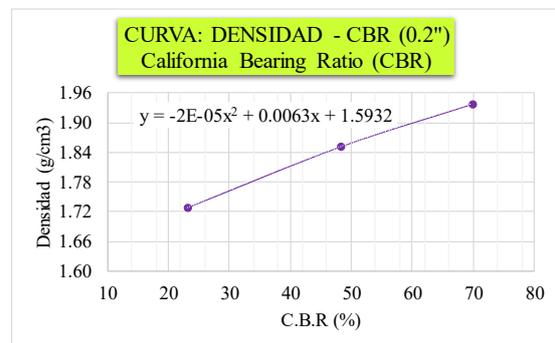
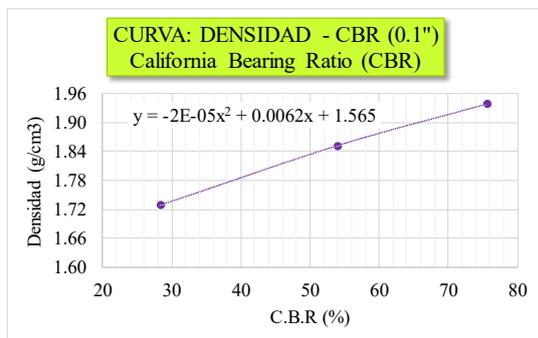
CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUÉS DE LA INMERSIÓN									
Molde:	H-37			H-38			H-39		
	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior
Peso de cápsula (g):	59.79	61.16	56.72	57.06	56.62	53.81	60.78	65.45	59.84
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	97.68	90.17	88.30	94.84	98.96	84.04	87.29	100.02	83.49
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	91.12	84.99	82.75	89.89	93.42	79.99	84.37	96.07	81.02
Peso del agua (g):	6.56	5.18	5.55	4.95	5.54	4.05	2.92	3.95	2.47
Muestra seca (g):	31.33	23.83	26.03	32.83	36.80	26.18	23.59	30.62	21.18
Contenido de humedad (%):	20.94	21.74	21.32	15.08	15.05	15.47	12.38	12.90	11.66
Humedad media (%):	21.33			15.20			12.31		
Densidad Seca (gr/cm ³):	1.73			1.85			1.94		

ENSAYO DE EXPANSIÓN													
Hora y fecha de iniciación	Tiempo transcurrido (horas)	Molde H-37 (12 golpes)				Molde H-38 (26 golpes)				Molde H-39 (55 golpes)			
		Sobrecarga: 5280.00 g		Sobrecarga: 5225.00 g		Sobrecarga: 5190.00 g		Sobrecarga: 5190.00 g		Sobrecarga: 5190.00 g		Sobrecarga: 5190.00 g	
		Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)
12:18:00	03/03/2025	0	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0.00	0	0.000	0.00	0.00
12:08:00	04/03/2025	24	3	0.076	0.06	0	0.000	0.00	0.00	0	0.000	0.00	0.00
10:16:00	05/03/2025	48	5	0.127	0.10	1	0.025	0.02	0.02	0	0.000	0.00	0.00
10:32:00	06/03/2025	72	6	0.152	0.12	3	0.076	0.06	0.06	0	0.000	0.00	0.00
12:28:00	07/03/2025	96	6	0.152	0.12	3	0.076	0.06	0.06	2	0.051	0.04	0.04

ENSAYO CARGA-PENETRACIÓN														
Carga Unitaria Patrón (kg/cm ²)	Dial *0.001"	Penetración (mm)	Molde H-37 (12 golpes)				Molde H-38 (26 golpes)				Molde H-39 (55 golpes)			
			Sobrecarga: 2239.85 g				Sobrecarga: 2239.85 g				Sobrecarga: 2239.85 g			
			Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)
0	0.000	0	0	0.00	0.000		0	0.00	0.000		0	0.00	0.000	
25	0.635	40	187.08	9.528		74	332.12	16.915		100	443.03	22.563		
50	1.270	64	289.46	14.742		122	536.88	27.343		162	707.51	36.033		
75	1.905	78	349.18	17.784		155	677.65	34.512		204	886.67	45.158		
70.31	100	2.540	88	391.84	19.956	28.38	171	745.90	37.988	54.03	241	1044.51	53.196	75.66
125	3.175	94	417.43	21.260		187	814.15	41.464		268	1159.68	59.062		
150	3.810	101	447.29	22.780		203	882.41	44.941		295	1274.86	64.928		
105.46	200	5.080	108	477.15	24.301	23.04	230	997.58	50.806	48.18	335	1445.49	73.618	69.81
300	7.620	124	545.41	27.777		270	1168.21	59.497		409	1761.16	89.695		
400	10.160	138	605.13	30.819		310	1338.85	68.187		483	2076.83	105.772		
500	12.700	148	647.79	32.991		350	1509.48	76.877		557	2392.50	121.849		



Número de golpes	CBR (%) 0.1"	CBR (%) 0.2"	Densidad Seca (gr/cm³)	Expansión (%)
12	28.38	23.04	1.73	0.12
26	54.03	48.18	1.85	0.06
55	75.66	69.81	1.94	0.04



Penetración	0.1"	0.2"
CBR al 100 % de la MDS	82.07%	76.34%
CBR al 95 % de la MDS	56.49%	50.61%

Resultado del ensayo de CBR del tratamiento TP6-03



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132, ASTM D1883-73 y AASHTO T193-63

DATOS GENERALES			DATOS DEL ENSAYO		
Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.00%	Densidad seca máxima: 1.98 g/cm ³	Peso del martillo: 6.80 kg		
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.03%	Humedad óptima: 14.60%	Altura de caída del martillo: 45.50 cm		
Repetición: 3	Adición de cemento IP: 1.50%	Número de capas: 5	Área del pistón: 19.63 cm ²		

DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN

Molde:	J-4	J-5	J-6
Altura del molde (cm):	17.70	18.50	17.70
Altura del disco espaciador (cm):	5.00	5.00	5.00
Diámetro del molde (cm):	15.5	15.20	15.20
Altura de la muestra compactada (cm):	12.70	13.50	12.70
Volumen del molde (cm ³):	2396.39	2449.69	2304.52
Número de golpes por capa:	12	26	55
Peso del molde (g):	6610.00	6715.00	7495.00
Peso del molde + Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	11145.00	11625.00	12410.00
Peso del molde + Muestra compactada, después de la inmersión (g):	11470.00	11805.00	12515.00
Peso del agua absorbida (g):	325.00	180.00	105.00
Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	4535.00	4910.00	4915.00
Muestra compactada, después de la inmersión (g):	4860.00	5090.00	5020.00
Densidad húmeda (g/cm ³):	2.03	2.08	2.18

CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUÉS DE LA INMERSIÓN

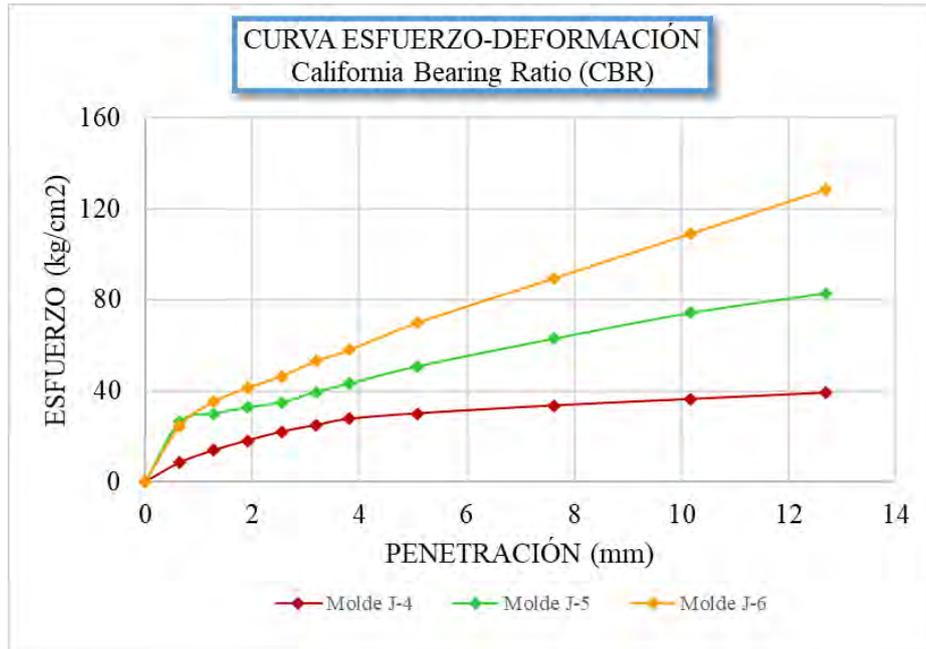
Molde:	J-4			J-5			J-6		
	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior
Peso de cápsula (g):	55.55	56.92	52.48	52.82	52.38	49.57	56.54	61.21	55.6
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	93.44	85.93	84.06	90.60	94.72	79.8	83.05	95.78	79.25
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	86.98	80.61	78.11	85.46	88.89	75.74	80.1	91.81	76.81
Peso del agua (g):	6.46	5.32	5.95	5.14	5.83	4.06	2.95	3.97	2.44
Muestra seca (g):	31.43	23.69	25.63	32.64	36.51	26.17	23.56	30.60	21.21
Contenido de humedad (%):	20.55	22.46	23.21	15.75	15.97	15.51	12.52	12.97	11.50
Humedad media (%):	22.08			15.74			12.33		
Densidad Seca (gr/cm ³):	1.66			1.80			1.94		

ENSAYO DE EXPANSIÓN

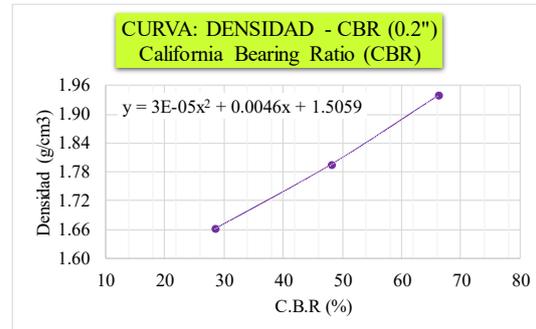
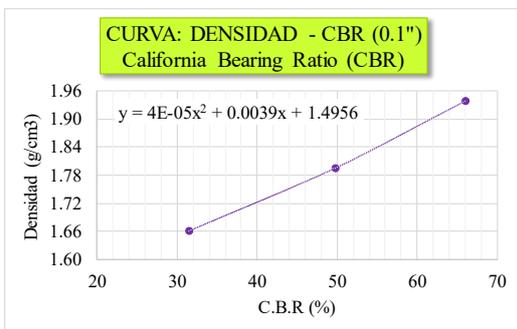
Hora y fecha de iniciación	Tiempo transcurrido (horas)	Molde J-4 (12 golpes)				Molde J-5 (26 golpes)				Molde J-6 (55 golpes)			
		Sobrecarga:		Sobrecarga:		Sobrecarga:		Sobrecarga:		Sobrecarga:		Sobrecarga:	
		Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)
12:16:00	24/03/2025	0	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0.00	
01:02:00	25/03/2025	24	1	0.025	0.02	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0.00	
12:41:00	26/03/2025	48	3	0.076	0.06	3	0.076	0.06	0	0.000	0.00	0.00	
11:50:00	27/03/2025	72	5	0.127	0.10	5	0.127	0.09	3	0.076	0.06	0.06	
01:11:00	28/03/2025	96	6	0.152	0.12	5	0.127	0.09	3	0.076	0.06	0.06	

ENSAYO CARGA-PENETRACIÓN

Carga Unitaria Patrón (kg/cm ²)	Dial *0.001"	Penetración (mm)	Molde J-4 (12 golpes)				Molde J-5 (26 golpes)				Molde J-6 (55 golpes)			
			Sobrecarga: 2239.85 g				Sobrecarga: 2239.85 g				Sobrecarga: 2239.85 g			
			Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)
0	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	0	0.000		
25	0.635	35	165.75	8.442	117	515.55	26.257	108	477.15	24.301				
50	1.270	60	272.40	13.873	134	588.06	29.950	158	690.44	35.164				
75	1.905	80	357.71	18.218	147	643.52	32.774	186	809.89	41.247				
70.31	100	2.540	98	434.50	22.129	31.47	157	686.18	34.947	49.70	210	912.27	46.461	66.08
125	3.175	111	489.95	24.953	178	775.76	39.509	240	1040.24	52.979				
150	3.810	124	545.41	27.777	195	848.28	43.202	263	1138.35	57.976				
105.46	200	5.080	135	592.33	30.167	28.61	230	997.58	50.806	48.18	318	1372.97	69.925	66.30
300	7.620	151	660.58	33.643	286	1236.47	62.973	408	1756.89	89.478				
400	10.160	164	716.04	36.468	338	1458.29	74.270	498	2140.82	109.031				
500	12.700	177	771.49	39.292	378	1628.92	82.960	588	2524.74	128.584				



Número de golpes	CBR (%)	CBR (%)	Densidad Seca (gr/cm ³)	Expansión (%)
	0.1"	0.2"		
12	31.47	28.61	1.66	0.12
26	49.70	48.18	1.80	0.09
55	66.08	66.30	1.94	0.06



Penetración	0.1"	0.2"
CBR al 100 % de la MDS	70.33%	71.05%
CBR al 95 % de la MDS	59.78%	59.27%

Resultado del ensayo de CBR del tratamiento T1-01



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132, ASTM D1883-73 y AASHTO T193-63

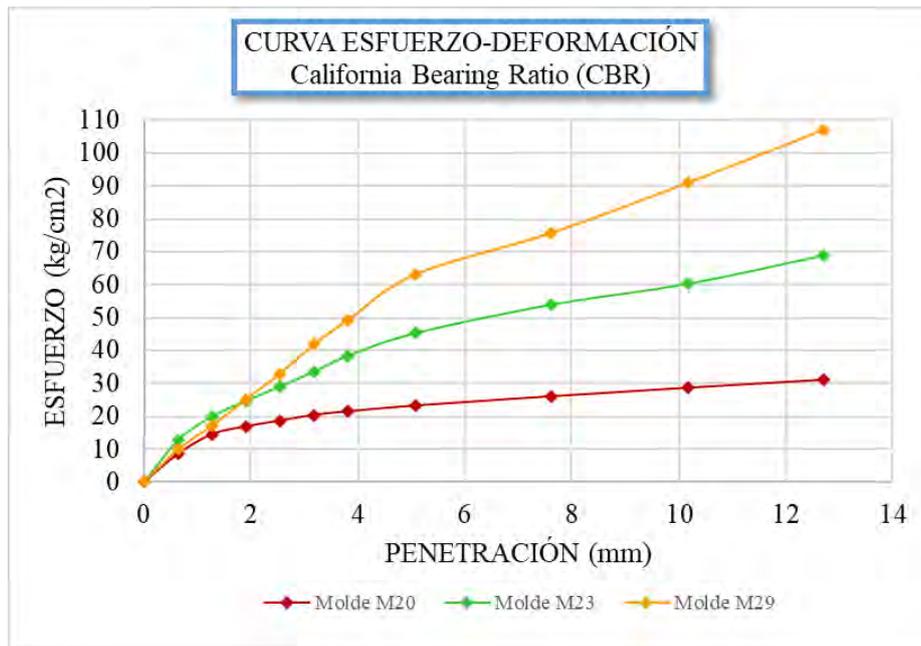
DATOS GENERALES			DATOS DEL ENSAYO		
Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.01%		Densidad seca máxima: 1.95 g/cm ³		Peso del martillo: 6.76 kg
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.03%		Humedad óptima: 13.50%		Altura de caída del martillo: 45.50 cm
Repetición: 1	Adición de cemento IP: 0.50%		Número de capas: 5		Área del pistón: 19.63 cm ²

DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN			
Molde:	M20	M23	M29
Altura del molde (cm):	17.70	17.80	17.70
Altura del disco espaciador (cm):	5.00	5.00	5.00
Diámetro del molde (cm):	15.3	15.40	15.40
Altura de la muestra compactada (cm):	12.70	12.80	12.70
Volumen del molde (cm ³):	2334.94	2384.19	2365.57
Número de golpes por capa:	12	26	55
Peso del molde (g):	7045.00	7535.00	7585.00
Peso del molde + Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	11675.00	12555.00	12775.00
Peso del molde + Muestra compactada, después de la inmersión (g):	11880.00	12645.00	12795.00
Peso del agua absorbida (g):	205.00	90.00	20.00
Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	4630.00	5020.00	5190.00
Muestra compactada, después de la inmersión (g):	4835.00	5110.00	5210.00
Densidad húmeda (g/cm ³):	2.07	2.14	2.20

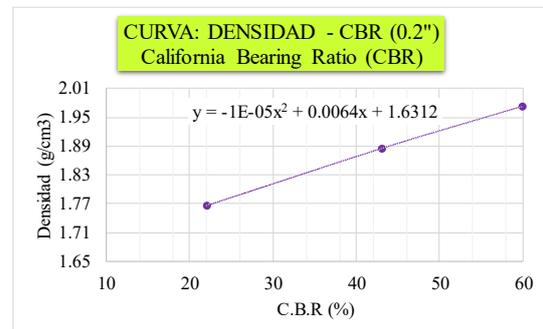
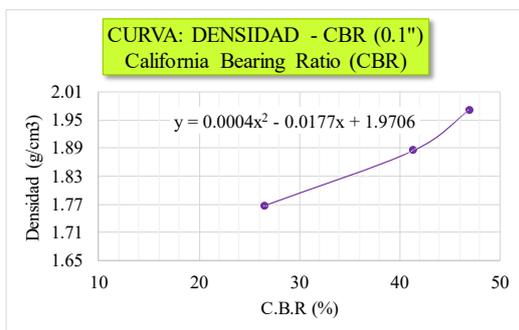
CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUÉS DE LA INMERSIÓN									
Molde:	M20			M23			M29		
	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior
Peso de cápsula (g):	58.47	57.46	57.73	56.2	57.41	57.65	62.99	58.82	57.29
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	95.08	93.34	90.92	80.12	102.12	83.69	95.44	86.44	79.1
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	89.87	88.30	85.69	77.16	96.86	80.56	91.96	83.58	76.86
Peso del agua (g):	5.21	5.04	5.23	2.96	5.26	3.13	3.48	2.86	2.24
Muestra seca (g):	31.40	30.84	27.96	20.96	39.45	22.91	28.97	24.76	19.57
Contenido de humedad (%):	16.59	16.34	18.71	14.12	13.33	13.66	12.01	11.55	11.45
Humedad media (%):	17.21			13.71			11.67		
Densidad Seca (gr/cm ³):	1.77			1.88			1.97		

ENSAYO DE EXPANSIÓN													
Hora y fecha de iniciación	Tiempo transcurrido (horas)	Molde M20 (12 golpes)				Molde M23 (26 golpes)				Molde M29 (55 golpes)			
		Sobrecarga: 5595.00 g		Sobrecarga: 5315.00 g		Sobrecarga: 5195.00 g		Sobrecarga: 5195.00 g		Sobrecarga: 5195.00 g		Sobrecarga: 5195.00 g	
		Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)
12:10:00	21/02/2025	0	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0.00	0	0.000	0.00	0.00
12:15:00	24/02/2025	24	8	0.203	0.16	3	0.076	0.06	0.06	2	0.051	0.04	0.04
12:17:00	25/02/2025	48	9	0.229	0.18	4	0.102	0.08	0.08	5	0.127	0.10	0.10
12:11:00	26/02/2025	72	10	0.254	0.20	9	0.229	0.18	0.18	7	0.178	0.14	0.14
12:33:00	27/02/2025	96	10	0.254	0.20	10	0.254	0.20	0.20	8	0.203	0.16	0.16

ENSAYO CARGA-PENETRACIÓN														
Carga Unitaria Patrón (kg/cm ²)	Dial *0.001"	Penetración (mm)	Molde M20 (12 golpes)				Molde M23 (26 golpes)				Molde M29 (55 golpes)			
			Sobrecarga: 2239.85 g				Sobrecarga: 2239.85 g				Sobrecarga: 2239.85 g			
			Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)
0	0.000	0	0.00	0.000			0	0.00	0.000		0	0.00	0.000	
25	0.635	36	170.02	8.659			55	251.07	12.787		42	195.61	9.962	
50	1.270	63	285.19	14.525			88	391.84	19.956		75	336.38	17.132	
75	1.905	74	332.12	16.915			110	485.69	24.736		112	494.22	25.170	
70.31	100	2.540	82	366.24	18.653	26.53	130	571.00	29.081	41.36	148	647.79	32.991	46.92
125	3.175	90	400.37	20.391			151	660.58	33.643		189	822.68	41.899	
150	3.810	95	421.70	21.477			173	754.43	38.423		223	967.72	49.286	
105.46	200	5.080	103	455.83	23.215	22.01	205	890.94	45.375	43.03	287	1240.73	63.190	59.92
300	7.620	116	511.28	26.039			245	1061.57	54.065		345	1488.15	75.791	
400	10.160	128	562.47	28.646			274	1185.28	60.366		415	1786.75	90.999	
500	12.700	139	609.39	31.036			314	1355.91	69.056		489	2102.42	107.076	



Número de golpes	CBR (%) 0.1"	CBR (%) 0.2"	Densidad Seca (gr/cm ³)	Expansión (%)
12	26.53	22.01	1.77	0.20
26	41.36	43.03	1.88	0.20
55	46.92	59.92	1.97	0.16



Penetración	0.1"	0.2"
CBR al 100 % de la MDS	45.64%	55.47%
CBR al 95 % de la MDS	38.80%	37.06%

Resultado del ensayo de CBR del tratamiento T1-02



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132, ASTM D1883-73 y AASHTO T193-63

DATOS GENERALES			DATOS DEL ENSAYO		
Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.01%	Densidad seca máxima: 1.93 g/cm ³	Peso del martillo: 6.08 kg		
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.03%	Humedad óptima: 13.80%	Altura de caída del martillo: 45.50 cm		
Repetición: 2	Adición de cemento IP: 0.50%	Número de capas: 5	Área del pistón: 19.63 cm ²		

DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN			
Molde:	H-16	H-17	H-18
Altura del molde (cm):	17.60	17.70	17.60
Altura del disco espaciador (cm):	5.00	5.00	5.00
Diámetro del molde (cm):	15.2	15.70	15.60
Altura de la muestra compactada (cm):	12.60	12.70	12.60
Volumen del molde (cm ³):	2286.38	2458.63	2408.29
Número de golpes por capa:	12	26	55
Peso del molde (g):	7014.00	5739.00	5624.00
Peso del molde + Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	11599.00	10839.00	10789.00
Peso del molde + Muestra compactada, después de la inmersión (g):	11719.00	10916.00	10855.00
Peso del agua absorbida (g):	120.00	77.00	66.00
Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	4585.00	5100.00	5165.00
Muestra compactada, después de la inmersión (g):	4705.00	5177.00	5231.00
Densidad húmeda (g/cm ³):	2.06	2.11	2.17

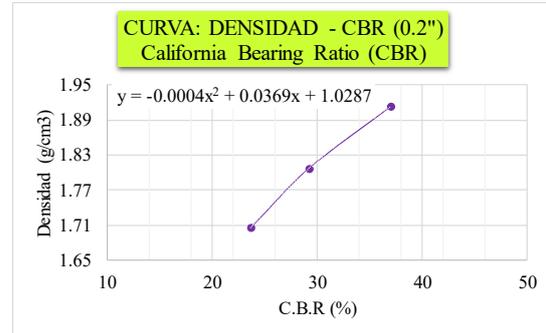
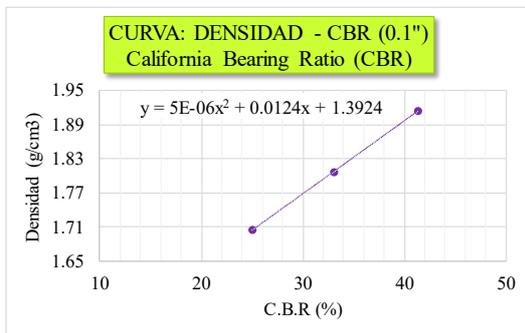
CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUÉS DE LA INMERSIÓN									
Molde:	H-16			H-17			H-18		
	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior
Peso de cápsula (g):	60.91	60.85	55.51	55.73	41.18	55.21	19.46	19.52	55.81
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	97.27	117.27	84.00	94.09	86.82	86.7	45.88	52.06	98.47
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	90.98	107.77	79.06	88.65	80.42	82.16	42.62	48.44	93.21
Peso del agua (g):	6.29	9.50	4.94	5.44	6.40	4.54	3.26	3.62	5.26
Muestra seca (g):	30.07	46.92	23.55	32.92	39.24	26.95	23.16	28.92	37.40
Contenido de humedad (%):	20.92	20.25	20.98	16.52	16.31	16.85	14.08	12.52	14.06
Humedad media (%):	20.71			16.56			13.55		
Densidad Seca (gr/cm ³):	1.70			1.81			1.91		

ENSAYO DE EXPANSIÓN													
Hora y fecha de iniciación	Tiempo transcurrido (horas)	Molde H-16 (12 golpes)				Molde H-17 (26 golpes)				Molde H-18 (55 golpes)			
		Sobrecarga:		5690.00 g		Sobrecarga:		5855.00 g		Sobrecarga:		5715.00 g	
		Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)
12:02:00	03/03/2025	0	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00		
11:45:00	04/03/2025	24	10	0.254	0.20	8	0.203	0.16	7	0.178	0.14		
10:05:00	05/03/2025	48	11	0.279	0.22	11	0.279	0.22	11	0.279	0.22		
10:37:00	06/03/2025	72	13	0.330	0.26	12	0.305	0.24	12	0.305	0.24		
12:26:00	07/03/2025	96	14	0.356	0.28	13	0.330	0.26	12	0.305	0.24		

ENSAYO CARGA-PENETRACIÓN														
Carga Unitaria Patrón (kg/cm ²)	Dial *0.001"	Penetración (mm)	Molde H-16 (12 golpes)				Molde H-17 (26 golpes)				Molde H-18 (55 golpes)			
			Sobrecarga:		2239.85 g		Sobrecarga:		2239.85 g		Sobrecarga:		2239.85 g	
			Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)
0	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	
25	0.635	18	93.23	4.748	47	216.94	11.049	44	204.14	10.397				
50	1.270	42	195.61	9.962	73	327.85	16.697	84	374.77	19.087				
75	1.905	58	263.86	13.438	91	404.64	20.608	120	528.34	26.908				
70.31	100	2.540	77	344.91	17.566	24.98	103	455.83	23.215	33.02	130	571.00	29.081	41.36
125	3.175	82	366.24	18.653	115	507.01	25.822	148	647.79	32.991				
150	3.810	94	417.43	21.260	120	528.34	26.908	159	694.71	35.381				
105.46	200	5.080	111	489.95	24.953	23.66	138	605.13	30.819	29.22	176	767.23	39.075	37.05
300	7.620	122	536.88	27.343	155	677.65	34.512	217	942.13	47.982				
400	10.160	134	588.06	29.950	167	728.84	37.119	247	1070.10	54.500				
500	12.700	145	634.99	32.340	195	848.28	43.202	278	1202.34	61.235				



Número de golpes	CBR (%) 0.1"	CBR (%) 0.2"	Densidad Seca (gr/cm ³)	Expansión (%)
12	24.98	23.66	1.70	0.28
26	33.02	29.22	1.81	0.26
55	41.36	37.05	1.91	0.24



Penetración	0.1"	0.2"
CBR al 100 % de la MDS	42.70%	38.72%
CBR al 95 % de la MDS	35.14%	30.94%

Resultado del ensayo de CBR del tratamiento T1-03



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132, ASTM D1883-73 y AASHTO T193-63

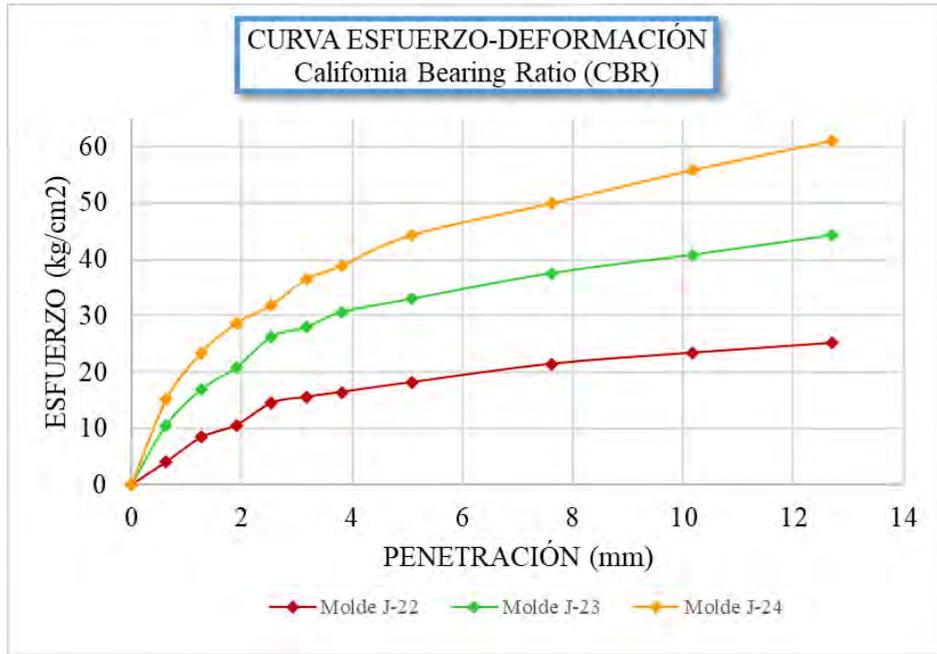
DATOS GENERALES			DATOS DEL ENSAYO		
Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.01%		Densidad seca máxima: 1.94 g/cm ³		Peso del martillo: 6.43 kg
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.03%		Humedad óptima: 13.60%		Altura de caída del martillo: 45.50 cm
Repetición: 3	Adición de cemento IP: 0.50%		Número de capas: 5		Área del pistón: 19.63 cm ²

DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN			
Molde:	J-22	J-23	J-24
Altura del molde (cm):	17.70	17.70	17.77
Altura del disco espaciador (cm):	5.00	5.00	5.00
Diámetro del molde (cm):	15.5	15.50	15.40
Altura de la muestra compactada (cm):	12.70	12.70	12.77
Volumen del molde (cm ³):	2396.39	2396.39	2378.60
Número de golpes por capa:	12	26	55
Peso del molde (g):	6865.00	6940.00	7970.00
Peso del molde + Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	11525.00	11900.00	12995.00
Peso del molde + Muestra compactada, después de la inmersión (g):	11800.00	12005.00	13090.00
Peso del agua absorbida (g):	275.00	105.00	95.00
Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	4660.00	4960.00	5025.00
Muestra compactada, después de la inmersión (g):	4935.00	5065.00	5120.00
Densidad húmeda (g/cm ³):	2.06	2.11	2.15

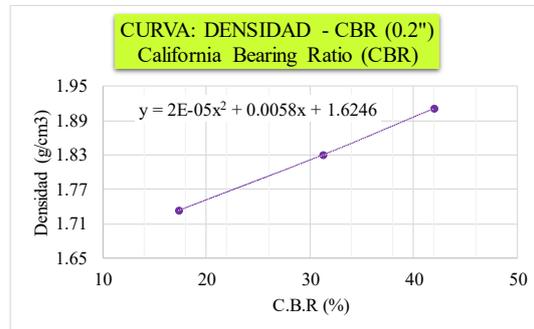
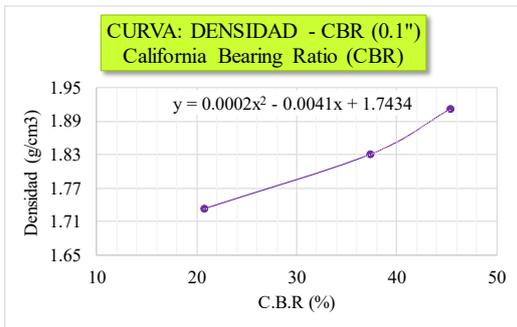
CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUÉS DE LA INMERSIÓN									
Molde:	J-22			J-23			J-24		
	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior
Peso de cápsula (g):	56.35	55.2	56.27	54.07	55.32	55.52	60.88	56.71	55.17
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	81.54	97.44	84.99	79.74	102.83	86.3	88.32	97.48	89.38
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	77.54	90.75	80.41	76.21	96.33	82.35	85.29	93	85.4
Peso del agua (g):	4.00	6.69	4.58	3.53	6.50	3.95	3.03	4.48	3.98
Muestra seca (g):	21.19	35.55	24.14	22.14	41.01	26.83	24.41	36.29	30.23
Contenido de humedad (%):	18.88	18.82	18.97	15.94	15.85	14.72	12.41	12.34	13.17
Humedad media (%)	18.89			15.51			12.64		
Densidad Seca (gr/cm ³):	1.73			1.83			1.91		

ENSAYO DE EXPANSIÓN														
Hora y fecha de iniciación	Tiempo transcurrido (horas)	Molde J-22 (12 golpes)				Molde J-23 (26 golpes)				Molde J-24 (55 golpes)				
		Sobrecarga: 5275.00 g		Sobrecarga: 5245.00 g		Sobrecarga: 5245.00 g		Sobrecarga: 5215.00 g		Sobrecarga: 5215.00 g		Sobrecarga: 5215.00 g		
		Dial	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	Def. (mm)	%=S/H(100)	
12:18:00	24/03/2025	0	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00
01:06:00	25/03/2025	24	7	0.178	0.14	5	0.127	0.10	4	0.102	0.08			
12:36:00	26/03/2025	48	8	0.203	0.16	9	0.229	0.18	5	0.127	0.10			
11:46:00	27/03/2025	72	11	0.279	0.22	8	0.203	0.16	7	0.178	0.14			
01:04:00	28/03/2025	96	13	0.330	0.26	11	0.279	0.22	10	0.254	0.20			

ENSAYO CARGA-PENETRACIÓN														
Carga Unitaria Patrón (kg/cm ²)	Dial *0.001"	Penetración (mm)	Molde J-22 (12 golpes)				Molde J-23 (26 golpes)				Molde J-24 (55 golpes)			
			Sobrecarga: 2239.85gr				Sobrecarga: 2239.85 g				Sobrecarga: 2239.85 g			
			Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)
0	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	
25	0.635	15	80.43	4.097	45	208.41	10.614	66	297.99	15.177				
50	1.270	35	165.75	8.442	74	332.12	16.915	104	460.09	23.432				
75	1.905	45	208.41	10.614	92	408.90	20.825	128	562.47	28.646				
70.31	100	2.540	63	285.19	14.525	20.66	117	515.55	26.257	37.34	143	626.46	31.905	45.38
125	3.175	68	306.52	15.611	125	549.67	27.995	164	716.04	36.468				
150	3.810	72	323.59	16.480	137	600.86	30.602	175	762.96	38.857				
105.46	200	5.080	80	357.71	18.218	17.27	148	647.79	32.991	31.28	200	869.61	44.289	42.00
300	7.620	95	421.70	21.477	169	737.37	37.554	226	980.52	49.937				
400	10.160	104	460.09	23.432	184	801.35	40.813	253	1095.70	55.803				
500	12.700	112	494.22	25.170	200	869.61	44.289	277	1198.07	61.017				



Número de golpes	CBR (%) 0.1"	CBR (%) 0.2"	Densidad Seca (gr/cm ³)	Expansión (%)
12	20.66	17.27	1.73	0.26
26	37.34	31.28	1.83	0.22
55	45.38	42.00	1.91	0.20



Penetración	0.1"	0.2"
CBR al 100 % de la MDS	47.82%	45.67%
CBR al 95 % de la MDS	38.81%	33.07%

Resultado del ensayo de CBR del tratamiento T2-01



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) MTC E 132, ASTM D1883-73 y AASHTO T193-63

DATOS GENERALES			DATOS DEL ENSAYO		
Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.03%	Densidad seca máxima: 1.97 g/cm ³	Peso del martillo: 6.08 kg		
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.03%	Humedad óptima: 14.00%	Altura de caída del martillo: 45.50 cm		
Repetición: 1	Adición de cemento IP: 1.50%	Número de capas: 5	Área del pistón: 19.63 cm ²		

DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN

Molde:	M4	M6	M13
Altura del molde (cm):	17.90	17.90	17.90
Altura del disco espaciador (cm):	5.00	5.00	5.00
Diámetro del molde (cm):	15.5	15.50	15.60
Altura de la muestra compactada (cm):	12.90	12.90	12.90
Volumen del molde (cm ³):	2434.13	2434.13	2465.64
Número de golpes por capa:	12	26	55
Peso del molde (g):	6825.00	6800.00	6665.00
Peso del molde + Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	11570.00	11650.00	11845.00
Peso del molde + Muestra compactada, después de la inmersión (g):	11782.00	11825.00	11930.00
Peso del agua absorbida (g):	212.00	175.00	85.00
Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	4745.00	4850.00	5180.00
Muestra compactada, después de la inmersión (g):	4957.00	5025.00	5265.00
Densidad húmeda (g/cm ³):	2.04	2.06	2.14

CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUÉS DE LA INMERSIÓN

Molde:	M4			M6			M13		
	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior
Peso de cápsula (g):	58.66	57.05	58.98	59.15	63.32	56.16	61.95	57.74	60.04
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	74.46	93.02	76.28	75.41	96.77	79.12	78.20	103.27	87.5
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	71.77	87.50	73.56	73.17	92.07	76.09	76.89	99.11	85.11
Peso del agua (g):	2.69	5.52	2.72	2.24	4.70	3.03	1.31	4.16	2.39
Muestra seca (g):	13.11	30.45	14.58	14.02	28.75	19.93	14.94	41.37	25.07
Contenido de humedad (%):	20.52	18.13	18.66	15.98	16.35	15.20	8.77	10.06	9.53
Humedad media (%):	19.10			15.84			9.45		
Densidad Seca (gr/cm ³):	1.71			1.78			1.95		

ENSAYO DE EXPANSIÓN

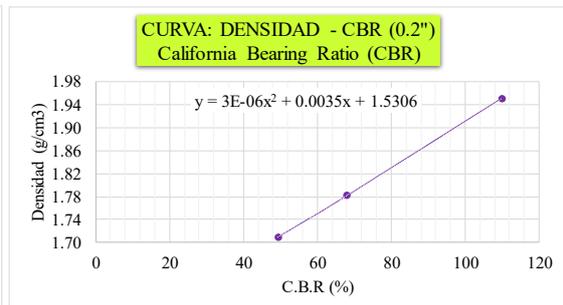
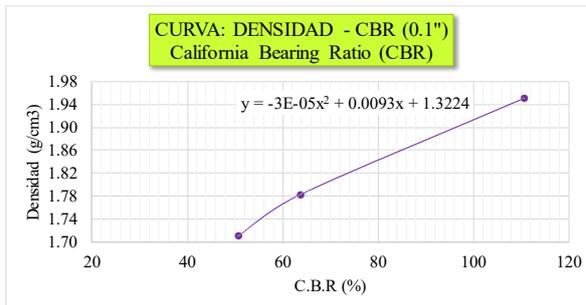
Hora y fecha de iniciación	Tiempo transcurrido (horas)	Molde M4 (12 golpes)			Molde M6 (26 golpes)			Molde M13 (55 golpes)			
		Sobrecarga: 5235.00 g			Sobrecarga: 5300.00 g			Sobrecarga: 5325.00 g			
		Dial 0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial 0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial 0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)	
12:10:00	18/02/2025	0	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00
12:15:00	19/02/2025	24	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00
12:17:00	20/02/2025	48	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00
12:11:00	21/02/2025	72	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00
12:33:00	24/02/2025	96	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00

ENSAYO CARGA-PENETRACIÓN

Carga Unitaria Patrón (kg/cm ²)	Dial *0.001"	Penetración (mm)	Molde M4 (12 golpes)				Molde M6 (26 golpes)				Molde M13 (55 golpes)			
			Sobrecarga: 2239.85 g				Sobrecarga: 2239.85 g				Sobrecarga: 2239.85 g			
			Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)
0	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	
25	0.635	66	297.99	15.177	111	489.95	24.953	178	775.76	39.509	265	1146.88	58.410	
50	1.270	106	468.62	23.867	144	630.72	32.122	265	1146.88	58.410	324	1398.57	71.228	
75	1.905	139	609.39	31.036	173	754.43	38.423	324	1398.57	71.228	354	1526.54	77.746	
70.31	100	2.540	160	698.98	35.599	50.63	202	878.14	44.723	63.61	354	1526.54	77.746	
125	3.175	189	822.68	41.899	230	997.58	50.806	399	1718.50	87.523	399	1718.50	87.523	
150	3.810	208	903.73	46.027	258	1117.02	56.890	442	1901.93	96.865	442	1901.93	96.865	
105.46	200	5.080	235	1018.91	51.893	49.21	326	1407.10	71.663	67.95	529	2273.06	115.766	
300	7.620	292	1262.06	64.276	405	1744.10	88.826	645	2767.89	140.967	645	2767.89	140.967	
400	10.160	326	1407.10	71.663	465	2000.04	101.861	761	3262.72	166.169	761	3262.72	166.169	
500	12.700	370	1594.79	81.222	512	2200.54	112.072	877	3757.55	191.371	877	3757.55	191.371	



Número de golpes	CBR (%)		Densidad Seca (gr/cm ³)	Expansión (%)
	0.1"	0.2"		
12	50.63	49.21	1.71	0.00
26	63.61	67.95	1.78	0.00
55	110.58	109.77	1.95	0.00



Penetración	0.1"	0.2"
CBR al 100 % de la MDS	121.86%	114.33%
CBR al 95 % de la MDS	83.55%	90.44%

Resultado del ensayo de CBR del tratamiento T2-02



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132, ASTM D1883-73 y AASHTO T193-63

DATOS GENERALES			DATOS DEL ENSAYO		
Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.03%		Densidad seca máxima: 1.98 g/cm ³		Peso del martillo: 6.08 kg
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.03%		Humedad óptima: 14.20%		Altura de caída del martillo: 45.50 cm
Repetición: 2	Adición de cemento IP: 1.50%		Número de capas: 5		Área del pistón: 19.63 cm ²

DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN

	H-5	H-7	H-15
Molde:			
Altura del molde (cm):	17.90	17.90	17.90
Altura del disco espaciador (cm):	5.00	5.00	5.00
Diámetro del molde (cm):	15.6	15.50	15.60
Altura de la muestra compactada (cm):	12.90	12.90	12.90
Volumen del molde (cm ³):	2465.64	2434.13	2465.64
Número de golpes por capa:	12	26	55
Peso del molde (g):	6715.00	6690.00	6555.00
Peso del molde + Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	11460.00	11540.00	11735.00
Peso del molde + Muestra compactada, después de la inmersión (g):	11682.00	11725.00	11825.00
Peso del agua absorbida (g):	222.00	185.00	90.00
Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	4745.00	4850.00	5180.00
Muestra compactada, después de la inmersión (g):	4967.00	5035.00	5270.00
Densidad húmeda (g/cm ³):	2.01	2.07	2.14

CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUÉS DE LA INMERSIÓN

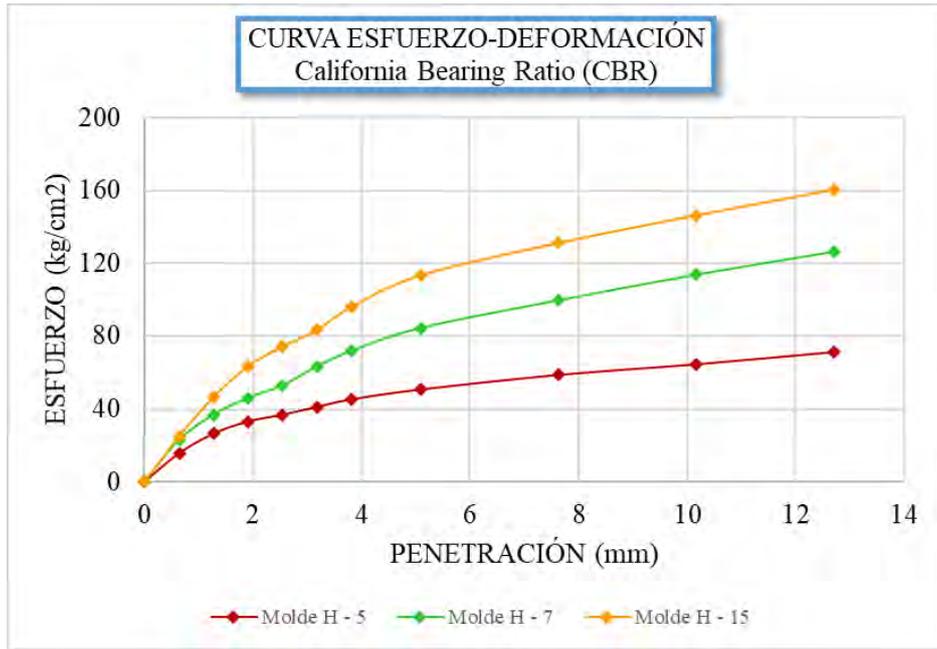
Molde:	H-5			H-7			H-15		
	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior
Peso de cápsula (g):	56.54	54.93	56.86	57.03	61.2	54.04	59.83	55.62	57.92
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	72.34	90.90	74.16	73.29	94.65	77	76.08	101.15	85.38
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	69.75	85.48	71.54	71.42	90.58	74.12	74.97	96.99	82.98
Peso del agua (g):	2.59	5.42	2.62	1.87	4.07	2.88	1.11	4.16	2.40
Muestra seca (g):	13.21	30.55	14.68	14.39	29.38	20.08	15.14	41.37	25.06
Contenido de humedad (%):	19.61	17.74	17.85	13.00	13.85	14.34	7.33	10.06	9.58
Humedad media (%):	18.40			13.73			8.99		
Densidad Seca (gr/cm ³):	1.70			1.82			1.96		

ENSAYO DE EXPANSIÓN

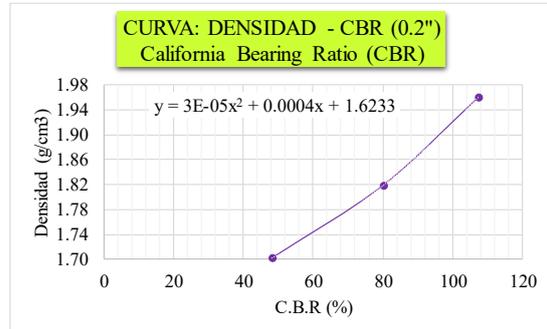
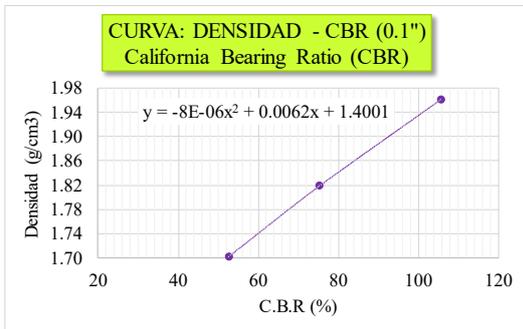
Hora y fecha de iniciación	Tiempo transcurrido (horas)	Molde H-5 (12 golpes)			Molde H-7 (26 golpes)			Molde H-15 (55 golpes)					
		Sobrecarga: 5235.00 g			Sobrecarga: 5300.00 g			Sobrecarga: 5325.00 g					
		Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)
12:28:00	03/03/2025	0	0	0.000	0.00	0	0	0.000	0.00	0	0	0.000	0.00
12:16:00	04/03/2025	24	0	0.000	0.00	0	0	0.000	0.00	0	0	0.000	0.00
10:09:00	05/03/2025	48	0	0.000	0.00	0	0	0.000	0.00	0	0	0.000	0.00
10:30:00	06/03/2025	72	0	0.000	0.00	0	0	0.000	0.00	0	0	0.000	0.00
12:32:00	07/03/2025	96	0	0.000	0.00	0	0	0.000	0.00	0	0	0.000	0.00

ENSAYO CARGA-PENETRACIÓN

Carga Unitaria Patrón (kg/cm ²)	Dial *0.001"	Penetración (mm)	Molde H-5 (12 golpes)				Molde H-7 (26 golpes)				Molde H-15 (55 golpes)			
			Sobrecarga: 2239.85 g				Sobrecarga: 2239.85 g				Sobrecarga: 2239.85 g			
			Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)
	0	0.000	0	0.00	0.000		0	0.00	0.000		0	0.00	0.000	
	25	0.635	68	306.52	15.611		102	451.56	22.998		110	485.69	24.736	
	50	1.270	118	519.81	26.474		166	724.57	36.902		210	912.27	46.461	
	75	1.905	149	652.05	33.209		208	903.73	46.027		288	1245.00	63.407	
	70.31	100	166	724.57	36.902	52.48	240	1040.24	52.979	75.35	338	1458.29	74.270	105.63
	125	3.175	186	809.89	41.247		288	1245.00	63.407		380	1637.45	83.395	
	150	3.810	205	890.94	45.375		327	1411.36	71.880		438	1884.87	95.996	
	105.46	200	230	997.58	50.806	48.18	385	1658.78	84.481	80.11	518	2226.13	113.376	107.51
	300	7.620	267	1155.42	58.845		455	1957.39	99.689		600	2575.93	131.191	
	400	10.160	294	1270.59	64.711		520	2234.66	113.810		670	2874.53	146.399	
	500	12.700	325	1402.83	71.446		578	2482.08	126.411		735	3151.81	160.520	



Número de golpes	CBR (%) 0.1"	CBR (%) 0.2"	Densidad Seca (gr/cm ³)	Expansión (%)
12	52.48	48.18	1.70	0.00
26	75.35	80.11	1.82	0.00
55	105.63	107.51	1.96	0.00



Penetración	0.1"	0.2"
CBR al 100 % de la MDS	109.90%	110.66%
CBR al 95 % de la MDS	88.19%	93.01%

Resultado del ensayo de CBR del tratamiento T2-03



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132, ASTM D1883-73 y AASHTO T193-63

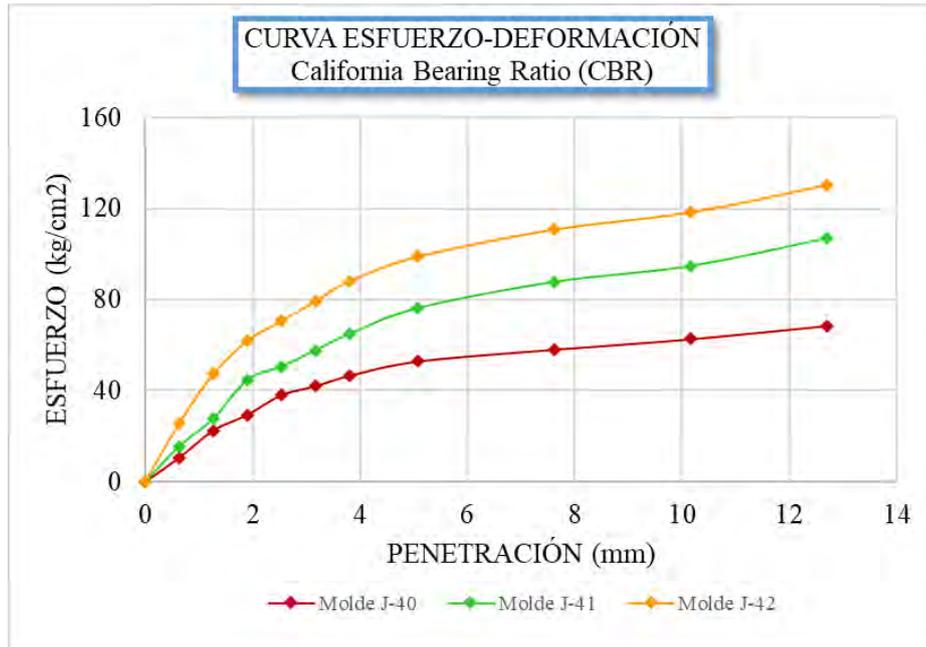
DATOS GENERALES			DATOS DEL ENSAYO		
Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.03%		Densidad seca máxima: 2.00 g/cm ³		Peso del martillo: 6.08 kg
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.03%		Humedad óptima: 13.70%		Altura de caída del martillo: 45.50 cm
Repetición: 3	Adición de cemento IP: 1.50%		Número de capas: 5		Área del pistón: 19.63 cm ²

DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN			
Molde:	J-40	J-41	J-42
Altura del molde (cm):	17.90	17.90	17.90
Altura del disco espaciador (cm):	5.00	5.00	5.00
Diámetro del molde (cm):	15.5	15.50	15.50
Altura de la muestra compactada (cm):	12.90	12.90	12.90
Volumen del molde (cm ³):	2434.13	2434.13	2434.13
Número de golpes por capa:	12	26	55
Peso del molde (g):	6935.00	6910.00	6775.00
Peso del molde + Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	11680.00	11760.00	11955.00
Peso del molde + Muestra compactada, después de la inmersión (g):	11885.00	11940.00	12055.00
Peso del agua absorbida (g):	205.00	180.00	100.00
Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	4745.00	4850.00	5180.00
Muestra compactada, después de la inmersión (g):	4950.00	5030.00	5280.00
Densidad húmeda (g/cm ³):	2.03	2.07	2.17

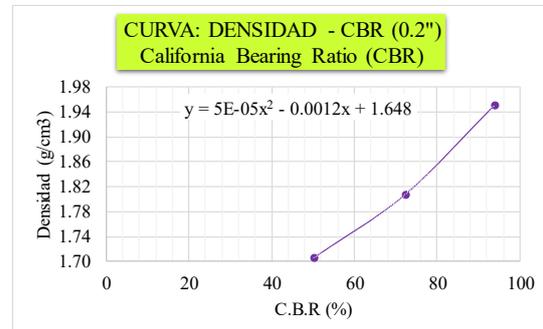
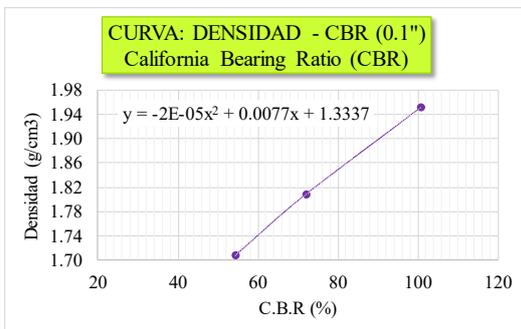
CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUÉS DE LA INMERSIÓN									
Molde:	J-40			J-41			J-42		
	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior
Peso de cápsula (g):	60.78	59.17	61.1	61.27	65.44	58.28	64.07	59.86	62.16
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	76.58	95.14	78.40	77.53	98.89	81.24	80.32	105.39	89.62
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	73.84	89.67	75.69	75.44	94.59	78.51	78.44	101.23	87.03
Peso del agua (g):	2.74	5.47	2.71	2.09	4.30	2.73	1.88	4.16	2.59
Muestra seca (g):	13.06	30.50	14.59	14.17	29.15	20.23	14.37	41.37	24.87
Contenido de humedad (%):	20.98	17.93	18.57	14.75	14.75	13.49	13.08	10.06	10.41
Humedad media (%):	19.16			14.33			11.18		
Densidad Seca (gr/cm ³):	1.71			1.81			1.95		

ENSAYO DE EXPANSIÓN													
Hora y fecha de iniciación	Tiempo transcurrido (horas)	Molde J-40 (12 golpes)				Molde J-41 (26 golpes)				Molde J-42 (55 golpes)			
		Sobrecarga: 5235.00 g		%S/H(100)		Sobrecarga: 5300.00 g		%S/H(100)		Sobrecarga: 5325.00 g		%S/H(100)	
		Dial	Def (mm)	%S/H(100)	Dial	Def (mm)	%S/H(100)	Dial	Def (mm)	%S/H(100)	Dial	Def (mm)	%S/H(100)
12:01:00	24/03/2025	0	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0	0.000	0.00
01:11:00	25/03/2025	24	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0	0.000	0.00
12:46:00	26/03/2025	48	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0	0.000	0.00
11:40:00	27/03/2025	72	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0	0.000	0.00
12:50:00	28/03/2025	96	2	0.051	0.04	0	0.000	0.00	1	0.025	0.02		

ENSAYO CARGA-PENETRACIÓN														
Carga Unitaria Patrón (kg/cm ²)	Dial *0.001"	Penetración (mm)	Molde J-40 (12 golpes)				Molde J-41 (26 golpes)				Molde J-42 (55 golpes)			
			Sobrecarga: 2239.85 g		CBR		Sobrecarga: 2239.85 g		CBR		Sobrecarga: 2239.85 g		CBR	
			Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)
0	0.000	0	0	0.00	0.000		0	0.00	0.000		0	0.00	0.000	
25	0.635	45	208.41	10.614		68	306.52	15.611		115	507.01	25.822		
50	1.270	100	443.03	22.563		124	545.41	27.777		215	933.59	47.548		
75	1.905	132	579.53	29.515		202	878.14	44.723		282	1219.40	62.104		
70.31	100	2.540	172	750.17	38.206	54.34	229	993.32	50.589	71.95	322	1390.04	70.794	100.69
125	3.175	190	826.95	42.116		262	1134.09	57.759		362	1560.67	79.484		
150	3.810	211	916.53	46.679		295	1274.86	64.928		402	1731.30	88.174		
105.46	200	5.080	240	1040.24	52.979	50.24	347	1496.68	76.225	72.28	452	1944.59	99.037	93.91
300	7.620	264	1142.62	58.193		400	1722.77	87.740		507	2179.21	110.986		
400	10.160	285	1232.20	62.755		432	1859.27	94.692		542	2328.51	118.590		
500	12.700	312	1347.38	68.621		488	2098.16	106.858		597	2563.13	130.539		



Número de golpes	CBR (%)		Densidad Seca (gr/cm ³)	Expansión (%)
	0.1"	0.2"		
12	54.34	50.24	1.71	0.04
26	71.95	72.28	1.81	0.00
55	100.69	93.91	1.95	0.02



Penetración	0.1"	0.2"
CBR al 100 % de la MDS	111.93%	100.09%
CBR al 95 % de la MDS	89.88%	86.96%

Resultado del ensayo de CBR del tratamiento T3-01



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



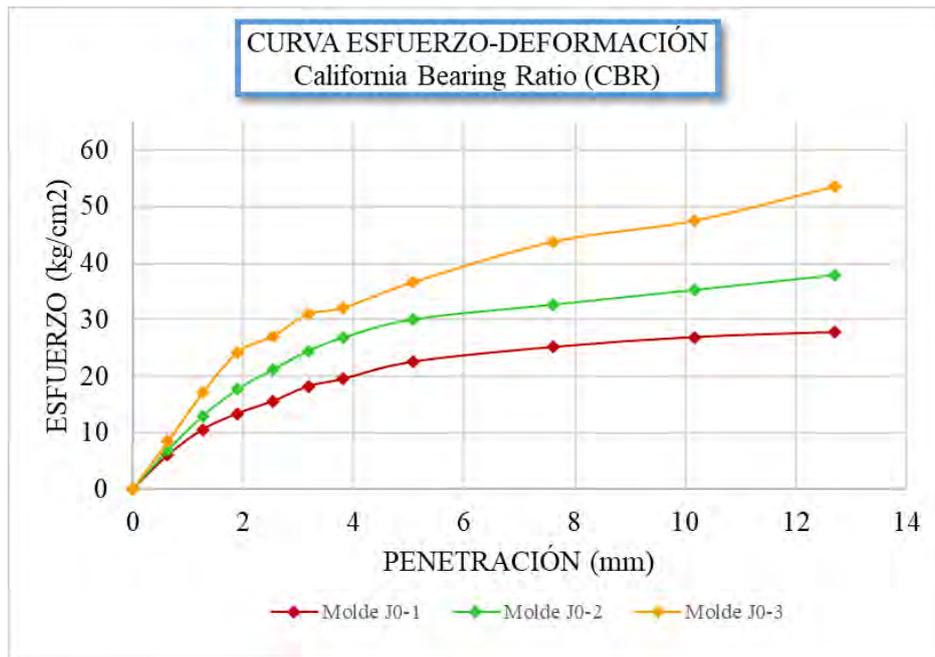
ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132, ASTM D1883-73 y AASHTO T193-63

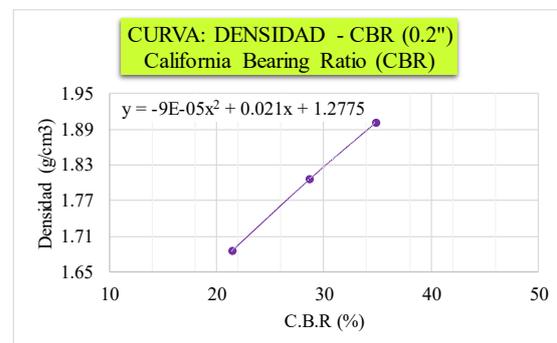
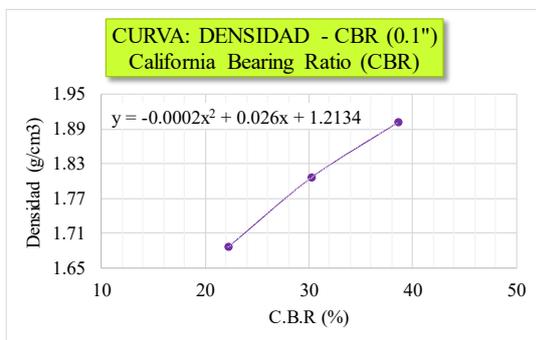
DATOS GENERALES			DATOS DEL ENSAYO			
Calicata: C-5	Adición de Procs: 0.01%	Densidad seca máxima: 1.92 g/cm ³	Peso del martillo: 6.42 kg			
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.01%	Humedad óptima: 13.90%	Altura de caída del martillo: 45.50 cm			
Repetición: 1	Adición de cemento IP: 0.50%	Número de capas: 5	Área del pistón: 19.63 cm ²			
DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN						
Molde:	J0-1	J0-2	J0-3			
Altura del molde (cm):	17.70	17.70	17.70			
Altura del disco espaciador (cm):	5.00	5.00	5.00			
Diámetro del molde (cm):	15.2	15.70	15.60			
Altura de la muestra compactada (cm):	12.70	12.70	12.70			
Volumen del molde (cm ³):	2304.52	2458.63	2427.41			
Número de golpes por capa:	12	26	55			
Peso del molde (g):	7125.00	5850.00	5735.00			
Peso del molde + Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	11710.00	10950.00	10900.00			
Peso del molde + Muestra compactada, después de la inmersión (g):	11820.00	11015.00	10955.00			
Peso del agua absorbida (g):	110.00	65.00	55.00			
Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	4585.00	5100.00	5165.00			
Muestra compactada, después de la inmersión (g):	4695.00	5165.00	5220.00			
Densidad húmeda (g/cm ³):	2.04	2.10	2.15			
CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUÉS DE LA INMERSIÓN						
Molde:	J0-1		J0-2		J0-3	
	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior
Peso de cápsula (g):	63.03	62.97	57.63	57.85	43.3	57.33
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	99.39	119.39	86.12	96.21	88.94	88.82
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	92.95	110.00	81.18	90.78	82.74	84.29
Peso del agua (g):	6.44	9.39	4.94	5.43	6.20	4.53
Muestra seca (g):	29.92	47.03	23.55	32.93	39.44	26.96
Contenido de humedad (%):	21.52	19.97	20.98	16.49	15.72	16.80
Humedad media (%):	20.82		16.34		13.13	
Densidad Seca (gr/cm ³):	1.69		1.81		1.90	

ENSAYO DE EXPANSIÓN											
Hora y fecha de iniciación	Tiempo transcurrido (horas)	Molde J0-1 (12 golpes)				Molde J0-2 (26 golpes)			Molde J0-3 (55 golpes)		
		Sobrecarga: 5690.00 g		Sobrecarga: 5855.00 g		Sobrecarga: 5715.00 g		Sobrecarga: 5715.00 g		Sobrecarga: 5715.00 g	
		Dial	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial
12:57:00	19/02/2025	0	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00
12:10:00	20/02/2025	24	10	0.254	0.20	10	0.254	0.20	8	0.203	0.16
12:32:00	21/02/2025	48	12	0.305	0.24	12	0.305	0.24	9	0.229	0.18
12:44:00	24/02/2025	72	14	0.356	0.28	12	0.305	0.24	10	0.254	0.20
12:53:00	25/02/2025	96	15	0.381	0.30	13	0.330	0.26	11	0.279	0.22

ENSAYO CARGA-PENETRACIÓN														
Carga Unitaria Patrón (kg/cm ²)	Dial *0.001"	Penetración (mm)	Molde J0-1 (12 golpes)				Molde J0-2 (26 golpes)				Molde J0-3 (55 golpes)			
			Sobrecarga: 2239.85 g				Sobrecarga: 2239.85 g				Sobrecarga: 2239.85 g			
			Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)
0	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	
25	0.635	24	118.83	6.052	28	135.89	6.921	35	165.75	8.442	75	336.38	17.132	
50	1.270	45	208.41	10.614	56	255.33	13.004	75	336.38	17.132	108	477.15	24.301	
75	1.905	58	263.86	13.438	78	349.18	17.784	108	477.15	24.301	144	630.72	32.122	
70.31	100	2.540	68	306.52	15.611	22.20	94	417.43	21.260	30.24	121	532.61	27.126	38.58
125	3.175	80	357.71	18.218	109	481.42	24.519	139	609.39	31.036	180	720.30	36.685	
150	3.810	86	383.31	19.522	120	528.34	26.908	144	630.72	32.122	215	933.59	47.548	
105.46	200	5.080	100	443.03	22.563	21.40	135	592.33	30.167	28.61	165	720.30	36.685	34.79
300	7.620	112	494.22	25.170	147	643.52	32.774	198	861.08	43.854	270	1053.04	53.631	
400	10.160	120	528.34	26.908	159	694.71	35.381	215	933.59	47.548	270	1053.04	53.631	
500	12.700	124	545.41	27.777	171	745.90	37.988	243	1053.04	53.631	270	1053.04	53.631	



Número de golpes	CBR (%)		Densidad Seca (gr/cm ³)	Expansión (%)
	0.1"	0.2"		
12	22.20	21.40	1.69	0.30
26	30.24	28.61	1.81	0.26
55	38.58	34.79	1.90	0.22



Penetración	0.1"	0.2"
CBR al 100 % de la MDS	40.65%	36.08%
CBR al 95 % de la MDS	31.65%	29.76%

Resultado del ensayo de CBR del tratamiento T3-02



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132, ASTM D1883-73 y AASHTO T193-63

DATOS GENERALES			DATOS DEL ENSAYO		
Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.01%		Densidad seca máxima: 1.94 g/cm ³		Peso del martillo: 6.07 kg
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.01%		Humedad óptima: 15.10%		Altura de caída del martillo: 45.50 cm
Repetición: 2	Adición de cemento IP: 0.50%		Número de capas: 5		Área del pistón: 19.63 cm ²

DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN

	H-25	H-26	H-27
Molde:			
Altura del molde (cm):	17.50	17.60	17.50
Altura del disco espaciador (cm):	5.00	5.00	5.00
Diámetro del molde (cm):	15.3	15.30	15.30
Altura de la muestra compactada (cm):	12.50	12.60	12.50
Volumen del molde (cm ³):	2298.17	2316.56	2298.17
Número de golpes por capa:	12	26	55
Peso del molde (g):	6558.00	6858.00	6588.00
Peso del molde + Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	11163.00	11618.00	11458.00
Peso del molde + Muestra compactada, después de la inmersión (g):	11284.00	11699.00	11514.00
Peso del agua absorbida (g):	121.00	81.00	56.00
Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	4605.00	4760.00	4870.00
Muestra compactada, después de la inmersión (g):	4726.00	4841.00	4926.00
Densidad húmeda (g/cm ³):	2.06	2.09	2.14

CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUÉS DE LA INMERSIÓN

Molde:	H-25			H-26			H-27		
	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior
Peso de cápsula (g):	55.29	52.81	54.1	56.7	55.6	56.93	54.5	56.48	57.9
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	82.70	83.83	77.24	93.96	105.38	79.35	83.49	107.29	86.75
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	77.70	78.17	73.17	88.44	97.84	75.92	79.84	100.83	82.87
Peso del agua (g):	5.00	5.66	4.07	5.52	7.54	3.43	3.65	6.46	3.88
Muestra seca (g):	22.41	25.36	19.07	31.74	42.24	18.99	25.34	44.35	24.97
Contenido de humedad (%):	22.31	22.32	21.34	17.39	17.85	18.06	14.40	14.57	15.54
Humedad media (%)	21.99			17.77			14.84		
Densidad Seca (gr/cm ³):	1.69			1.77			1.87		

ENSAYO DE EXPANSIÓN

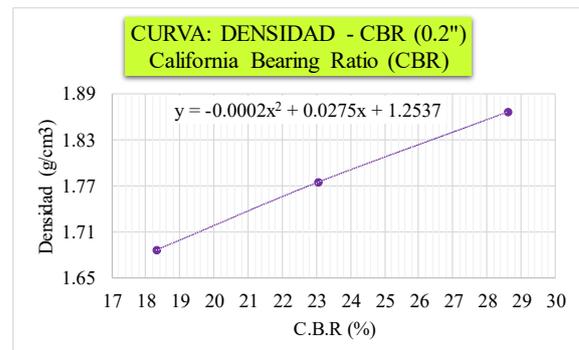
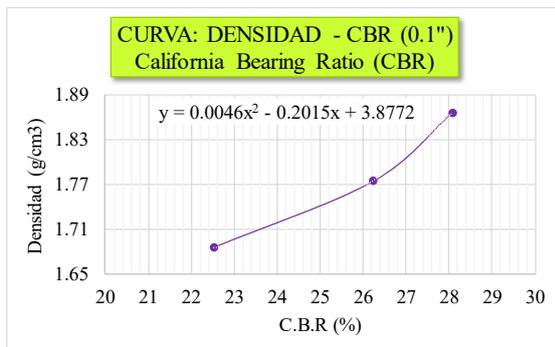
Hora y fecha de iniciación	Tiempo transcurrido (horas)	Molde H-25 (12 golpes)				Molde H-26 (26 golpes)				Molde H-27 (55 golpes)			
		Sobrecarga:		5735.00 g		Sobrecarga:		5855.00 g		Sobrecarga:		5705.00 g	
		Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)
11:09:00	03/03/2025	0	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00		
11:47:00	04/03/2025	24	9	0.229	0.18	8	0.203	0.16	7	0.178	0.14		
10:08:00	05/03/2025	48	12	0.305	0.24	11	0.279	0.22	8	0.203	0.16		
10:40:00	06/03/2025	72	13	0.330	0.26	12	0.305	0.24	9	0.229	0.18		
12:07:00	07/03/2025	96	15	0.381	0.30	13	0.330	0.26	9	0.229	0.18		

ENSAYO CARGA-PENETRACIÓN

Carga Unitaria Patrón (kg/cm ²)	Dial *0.001"	Penetración (mm)	Molde H-25 (12 golpes)				Molde H-26 (26 golpes)				Molde H-27 (55 golpes)			
			Sobrecarga:		2239.85 g		Sobrecarga:		2239.85 g		Sobrecarga:		2239.85 g	
			Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)
0	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	
25	0.635	22	110.30	5.617	29	140.16	7.138	27	131.62	6.704				
50	1.270	46	212.67	10.831	55	251.07	12.787	49	225.47	11.483				
75	1.905	60	272.40	13.873	69	310.79	15.828	68	306.52	15.611				
70.31	100	2.540	69	310.79	15.828	22.51	81	361.98	18.435	26.22	87	387.57	19.739	28.07
125	3.175	74	332.12	16.915	90	400.37	20.391	104	460.09	23.432				
150	3.810	79	353.45	18.001	98	434.50	22.129	118	519.81	26.474				
105.46	200	5.080	85	379.04	19.304	18.30	108	477.15	24.301	23.04	135	592.33	30.167	28.61
300	7.620	94	417.43	21.260	122	536.88	27.343	159	694.71	35.381				
400	10.160	102	451.56	22.998	132	579.53	29.515	183	797.09	40.595				
500	12.700	109	481.42	24.519	144	630.72	32.122	207	899.47	45.810				



Número de golpes	CBR (%) 0.1"	CBR (%) 0.2"	Densidad Seca (gr/cm ³)	Expansión (%)
12	22.51	18.30	1.69	0.30
26	26.22	23.04	1.77	0.26
55	28.07	28.61	1.87	0.18



Penetración	0.1"	0.2"
CBR al 100 % de la MDS	29.23%	33.75%
CBR al 95 % de la MDS	27.66%	27.11%

Resultado del ensayo de CBR del tratamiento T3-03



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132, ASTM D1883-73 y AASHTO T193-63

DATOS GENERALES			DATOS DEL ENSAYO		
Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.01%		Densidad seca máxima: 1.93 g/cm ³		Peso del martillo: 6.08 kg
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.01%		Humedad óptima: 15.20%		Altura de caída del martillo: 45.50 cm
Repetición: 3	Adición de cemento IP: 0.50%		Número de capas: 5		Área del pistón: 19.63 cm ²

DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN

	J-34	J-35	J-36
Molde:	J-34	J-35	J-36
Altura del molde (cm):	17.50	17.50	17.50
Altura del disco espaciador (cm):	5.00	5.00	5.00
Diámetro del molde (cm):	15.3	15.30	15.30
Altura de la muestra compactada (cm):	12.50	12.50	12.50
Volumen del molde (cm ³):	2298.17	2298.17	2298.17
Número de golpes por capa:	12	26	55
Peso del molde (g):	6982.00	7282.00	7012.00
Peso del molde + Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	11587.00	12042.00	11882.00
Peso del molde + Muestra compactada, después de la inmersión (g):	11718.00	12157.00	11949.00
Peso del agua absorbida (g):	131.00	115.00	67.00
Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	4605.00	4760.00	4870.00
Muestra compactada, después de la inmersión (g):	4736.00	4875.00	4937.00
Densidad húmeda (g/cm ³):	2.06	2.12	2.15

CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUÉS DE LA INMERSIÓN

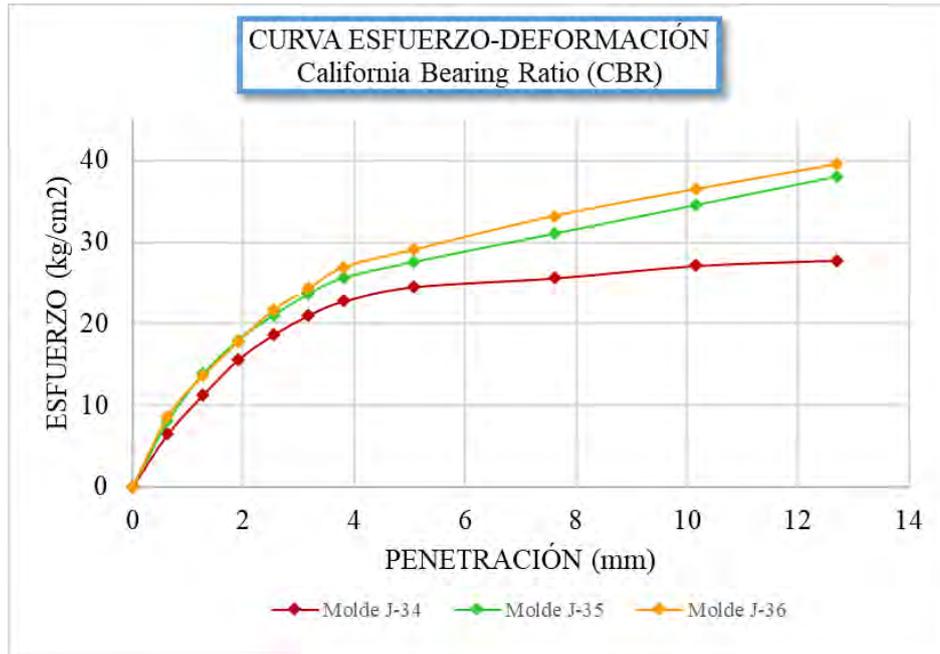
Molde:	J-34			J-35			J-36		
	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior
Peso de cápsula (g):	59.53	57.05	58.34	60.94	59.84	61.17	58.74	60.72	62.14
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	86.94	88.07	81.48	98.20	109.62	83.59	87.73	111.53	90.99
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	81.94	82.13	77.41	92.88	102.08	80.44	84.08	105.07	87.11
Peso del agua (g):	5.00	5.94	4.07	5.32	7.54	3.15	3.65	6.46	3.88
Muestra seca (g):	22.41	25.08	19.07	31.94	42.24	19.27	25.34	44.35	24.97
Contenido de humedad (%):	22.31	23.68	21.34	16.66	17.85	16.35	14.40	14.57	15.54
Humedad media (%):	22.45			16.95			14.84		
Densidad Seca (gr/cm ³):	1.68			1.81			1.87		

ENSAYO DE EXPANSIÓN

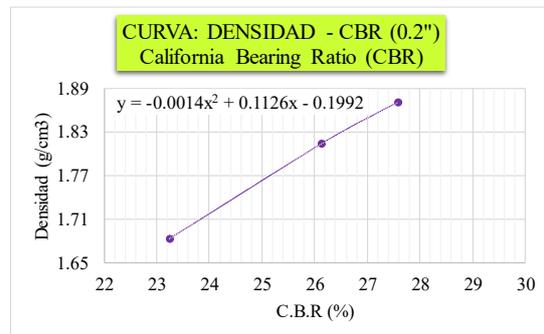
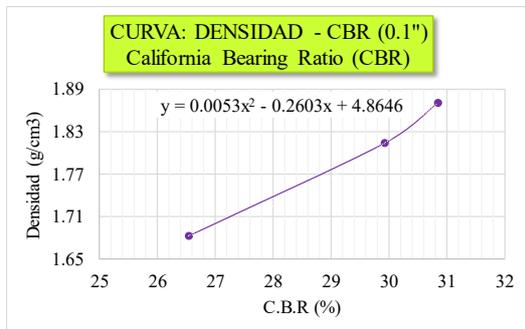
Hora y fecha de iniciación	Tiempo transcurrido (horas)	Molde J-34 (12 golpes)			Molde J-35 (26 golpes)			Molde J-36 (55 golpes)				
		Sobrecarga: 5735.00 g			Sobrecarga: 5855.00 g			Sobrecarga: 5705.00 g				
		Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	0.001"	Def. (mm)
12:22:00	24/03/2025	0	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0.00
12:55:00	25/03/2025	24	11	0.279	0.22	8	0.203	0.16	6	0.152	0.12	0.12
12:38:00	26/03/2025	48	12	0.305	0.24	13	0.330	0.26	9	0.229	0.18	0.18
11:55:00	27/03/2025	72	13	0.330	0.26	14	0.356	0.28	10	0.254	0.20	0.20
01:08:00	28/03/2025	96	16	0.406	0.33	14	0.356	0.28	10	0.254	0.20	0.20

ENSAYO CARGA-PENETRACIÓN

Carga Unitaria Patrón (kg/cm ²)	Dial *0.001"	Penetración (mm)	Molde J-34 (12 golpes)				Molde J-35 (26 golpes)				Molde J-36 (55 golpes)			
			Sobrecarga: 2239.85 g				Sobrecarga: 2239.85 g				Sobrecarga: 2239.85 g			
			Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)
0	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	0.00	0	0.00	0.000	0.00		
25	0.635	26	127.36	6.486	33	157.22	8.007	3.6	170.02	8.659	36	170.02	8.659	
50	1.270	48	221.21	11.266	60	272.40	13.873	59	268.13	13.656	78	349.18	17.784	
75	1.905	68	306.52	15.611	79	353.45	18.001	78	349.18	17.784	96	425.96	21.694	
70.31	2.540	82	366.24	18.653	26.53	93	413.17	21.042	29.93	96	425.96	21.694	30.86	
125	3.175	93	413.17	21.042	105	464.36	23.649	108	477.15	24.301	125	511.73	26.101	
150	3.810	101	447.29	22.780	114	502.75	25.605	120	528.34	26.908	150	571.00	28.081	
105.46	5.080	109	481.42	24.519	23.25	123	541.14	27.560	26.13	130	571.00	28.081	27.58	
300	7.620	114	502.75	25.605	139	609.39	31.036	149	652.05	33.209	150	571.00	28.081	
400	10.160	121	532.61	27.126	155	677.65	34.512	164	716.04	36.468	178	775.76	39.509	
500	12.700	124	545.41	27.777	171	745.90	37.988	178	775.76	39.509	178	775.76	39.509	



Número de golpes	CBR (%)		Densidad Seca (gr/cm ³)	Expansión (%)
	0.1"	0.2"		
12	26.53	23.25	1.68	0.33
26	29.93	26.13	1.81	0.28
55	30.86	27.58	1.87	0.20



Penetración	0.1"	0.2"
CBR al 100 % de la MDS	31.69%	29.26%
CBR al 95 % de la MDS	30.26%	26.62%

Resultado del ensayo de CBR del tratamiento T4-01



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132, ASTM D1883-73 y AASHTO T193-63

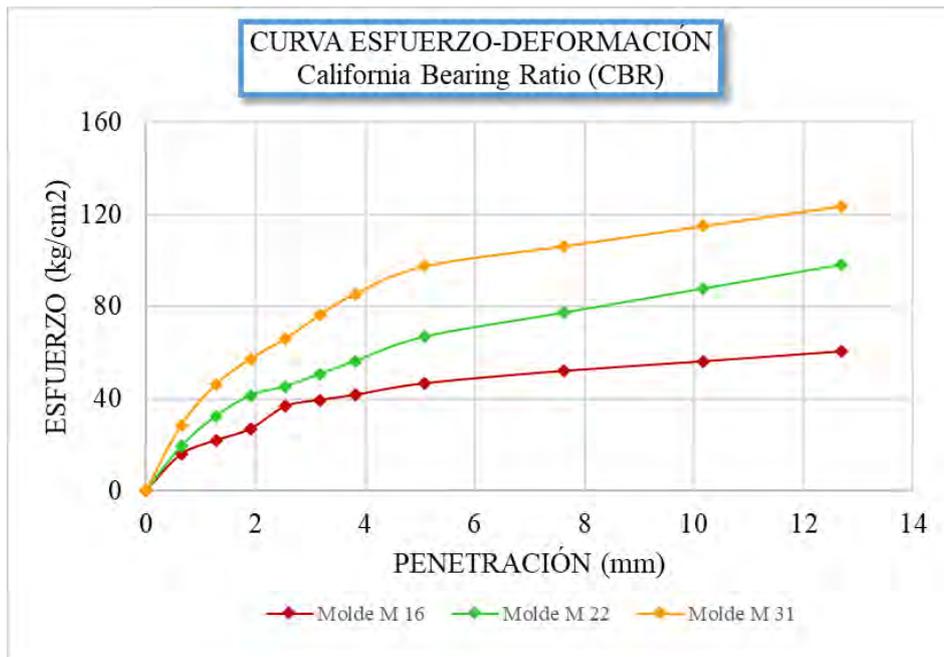
DATOS GENERALES			DATOS DEL ENSAYO		
Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.03%	Densidad seca máxima: 1.98 g/cm ³			Peso del martillo: 6.76 kg
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.01%	Humedad óptima: 14.20%			Altura de caída del martillo: 45.50 cm
Repetición: 1	Adición de cemento IP: 1.50%	Número de capas: 5			Área del pistón: 19.63 cm ²

DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN			
Molde:	M16	M22	M31
Altura del molde (cm):	17.70	17.70	17.70
Altura del disco espaciador (cm):	5.00	5.00	5.00
Diámetro del molde (cm):	15.2	15.20	15.20
Altura de la muestra compactada (cm):	12.70	12.70	12.70
Volumen del molde (cm ³):	2304.52	2304.52	2304.52
Número de golpes por capa:	12	26	55
Peso del molde (g):	7060.00	6760.00	6835.00
Peso del molde + Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	11725.00	11525.00	11740.00
Peso del molde + Muestra compactada, después de la inmersión (g):	11905.00	11625.00	11805.00
Peso del agua absorbida (g):	180.00	100.00	65.00
Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	4665.00	4765.00	4905.00
Muestra compactada, después de la inmersión (g):	4845.00	4865.00	4970.00
Densidad húmeda (g/cm ³):	2.10	2.11	2.16

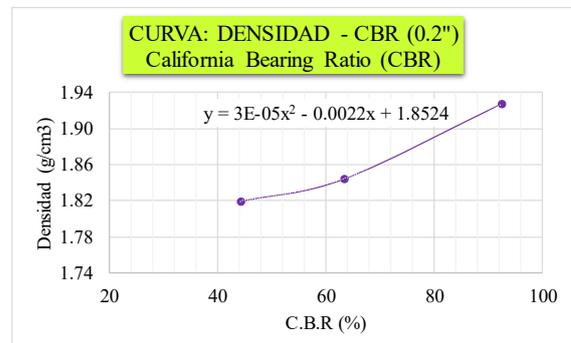
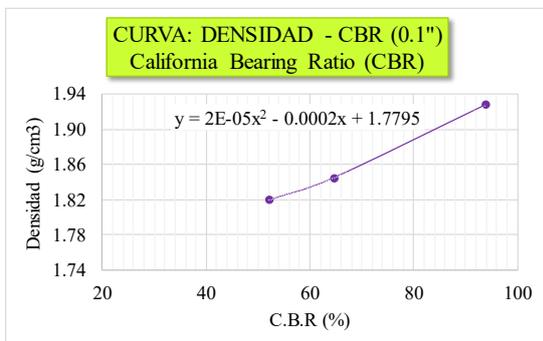
CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUÉS DE LA INMERSIÓN									
Molde:	M16			M22			M31		
	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior
Peso de cápsula (g):	61.96	57.77	60.19	60.03	61.97	57.08	60.88	56.59	64.12
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	88.06	93.91	82.20	74.14	108.72	81.68	78.84	125.35	79.92
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	84.64	89.29	79.02	72.34	103.06	78.48	76.98	117.95	78.22
Peso del agua (g):	3.42	4.62	3.18	1.80	5.66	3.20	1.86	7.40	1.70
Muestra seca (g):	22.68	31.52	18.83	12.31	41.09	21.40	16.10	61.36	14.10
Contenido de humedad (%):	15.08	14.66	16.89	14.62	13.77	14.95	11.55	12.06	12.06
Humedad media (%):	15.54			14.45			11.89		
Densidad Seca (gr/cm ³):	1.82			1.84			1.93		

ENSAYO DE EXPANSIÓN													
Hora y fecha de iniciación	Tiempo transcurrido (horas)	Molde M16 (12 golpes)				Molde M22 (26 golpes)				Molde M31 (55 golpes)			
		Sobrecarga: 5755.00 g		Sobrecarga: 5830.00 g		Sobrecarga: 5855.00 g		Sobrecarga: 5855.00 g		Sobrecarga: 5855.00 g		Sobrecarga: 5855.00 g	
		Dial	0.001"	Def (mm)	%=S/H(100)	Dial	0.001"	Def (mm)	%=S/H(100)	Dial	0.001"	Def (mm)	%=S/H(100)
12:10:00	21/02/2025	0	0	0.000	0.00	0	0.000	0.000	0.00	0	0.000	0.000	0.00
12:15:00	24/02/2025	24	0	0.000	0.00	0	0.000	0.000	0.00	0	0.000	0.000	0.00
12:17:00	25/02/2025	48	2	0.051	0.04	0	0.000	0.000	0.00	0	0.000	0.000	0.00
12:11:00	26/02/2025	72	5	0.127	0.10	1	0.025	0.02	0.02	0	0.000	0.000	0.00
12:33:00	27/02/2025	96	5	0.127	0.10	3	0.076	0.06	0.06	0	0.000	0.000	0.00

ENSAYO CARGA-PENETRACIÓN														
Carga Unitaria Patrón (kg/cm ²)	Dial *0.001"	Penetración (mm)	Molde M16 (12 golpes)				Molde M22 (26 golpes)				Molde M31 (55 golpes)			
			Sobrecarga: 2239.85 g				Sobrecarga: 2239.85 g				Sobrecarga: 2239.85 g			
			Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)
0	0.000	0	0.00	0.000	0.000	0.00	0	0.00	0.000	0.00	0	0.00	0.000	0.00
25	0.635	69	310.79	15.828	15.828	85	379.04	19.304	19.304	126	553.94	28.212	28.212	28.212
50	1.270	97	430.23	21.911	21.911	145	634.99	32.340	32.340	208	903.73	46.027	46.027	46.027
75	1.905	120	528.34	26.908	26.908	187	814.15	41.464	41.464	260	1125.56	57.324	57.324	57.324
70.31	2.540	165	720.30	36.685	36.685	205	890.94	45.375	45.375	64.54	300	1296.19	66.014	66.014
125	3.175	178	775.76	39.509	39.509	230	997.58	50.806	50.806	348	1500.95	76.443	76.443	76.443
150	3.810	188	818.42	41.682	41.682	255	1104.23	56.238	56.238	389	1675.84	85.350	85.350	85.350
105.46	5.080	211	916.53	46.679	46.679	44.26	304	1313.25	66.883	63.42	445	1914.73	97.516	97.516
300	7.620	236	1023.18	52.110	52.110	352	1518.01	77.312	77.312	485	2085.36	106.207	106.207	106.207
400	10.160	255	1104.23	56.238	56.238	400	1722.77	87.740	87.740	525	2255.99	114.897	114.897	114.897
500	12.700	275	1189.54	60.583	60.583	448	1927.53	98.168	98.168	565	2426.62	123.587	123.587	123.587



Número de golpes	CBR (%) 0.1"	CBR (%) 0.2"	Densidad Seca (gr/cm ³)	Expansión (%)
12	52.18	44.26	1.82	0.10
26	64.54	63.42	1.84	0.06
55	93.89	92.47	1.93	0.00



Penetración	0.1"	0.2"
CBR al 100 % de la MDS	108.21%	105.00%
CBR al 95 % de la MDS	78.93%	78.58%

Resultado del ensayo de CBR del tratamiento T4-02



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132, ASTM D1883-73 y AASHTO T193-63

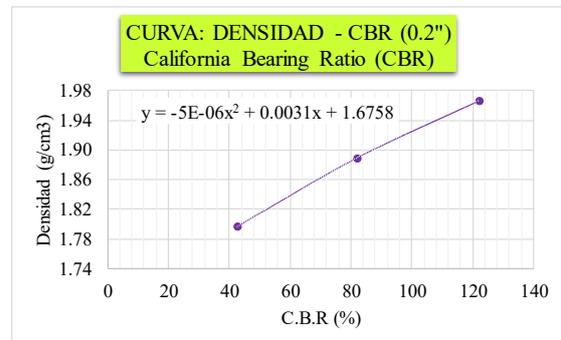
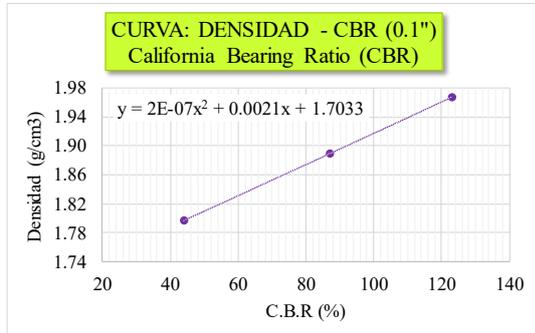
DATOS GENERALES			DATOS DEL ENSAYO				
Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.03%		Densidad seca máxima: 1.97 g/cm ³		Peso del martillo: 6.76 kg		
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.01%		Humedad óptima: 14.20%		Altura de caída del martillo: 45.50 cm		
Repetición: 2	Adición de cemento IP: 1.50%		Número de capas: 5		Área del pistón: 19.63 cm ²		
DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN							
Molde:		H-6		H-8	H-9		
Altura del molde (cm):		17.80		17.80	17.70		
Altura del disco espaciador (cm):		5.00		5.00	5.00		
Diámetro del molde (cm):		15.5		15.30	15.30		
Altura de la muestra compactada (cm):		12.80		12.80	12.70		
Volumen del molde (cm ³):		2415.26		2353.33	2334.94		
Número de golpes por capa:		12		26	55		
Peso del molde (g):		6590.00		7560.00	7710.00		
Peso del molde + Muestra compactada, antes de la inmersión (g):		11530.00		12525.00	12835.00		
Peso del molde + Muestra compactada, después de la inmersión (g):		11720.00		12645.00	12895.00		
Peso del agua absorbida (g):		190.00		120.00	60.00		
Muestra compactada, antes de la inmersión (g):		4940.00		4965.00	5125.00		
Muestra compactada, después de la inmersión (g):		5130.00		5085.00	5185.00		
Densidad húmeda (g/cm ³):		2.12		2.16	2.22		
CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUÉS DE LA INMERSIÓN							
Molde:		H-6		H-8		H-9	
		Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior
Peso de cápsula (g):		49.23	57.07	53.73	57.83	54.04	60.36
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):		82.44	95.91	80.62	81.67	85.51	80.05
Peso de cápsula + Muestra seca (g):		77.11	90.11	76.52	78.74	81.52	77.55
Peso del agua (g):		5.33	5.80	4.10	2.93	3.99	2.50
Muestra seca (g):		27.88	33.04	22.79	20.91	27.48	17.19
Contenido de humedad (%):		19.12	17.55	17.99	14.01	14.52	14.54
Humedad media (%)		18.22		14.36		12.90	
Densidad Seca (gr/cm ³):		1.80		1.89		1.97	

ENSAYO DE EXPANSIÓN											
Hora y fecha de iniciación	Tiempo transcurrido (horas)	Molde H-6 (12 golpes)				Molde H-8 (26 golpes)			Molde H-9 (55 golpes)		
		Sobrecarga: 5310.00 g				Sobrecarga: 6280.00 g			Sobrecarga: 5620.00 g		
		Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	Def. (mm)	%=S/H(100)
12:14:00	03/03/2025	0	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00
12:15:00	04/03/2025	24	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00
10:21:00	05/03/2025	48	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00
11:02:00	06/03/2025	72	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00
12:30:00	07/03/2025	96	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00

ENSAYO CARGA-PENETRACIÓN														
Carga Unitaria Patrón (kg/cm ²)	Dial *0.001"	Penetración (mm)	Molde H-6 (12 golpes)				Molde H-8 (26 golpes)				Molde H-9 (55 golpes)			
			Sobrecarga: 2239.85 g				Sobrecarga: 2239.85 g				Sobrecarga: 2239.85 g			
			Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)
0	0.000	0	0.00	0.000		0	0.00	0.000		0	0.00	0.000		
25	0.635	65	293.72	14.959		101	447.29	22.780		173	754.43	38.423		
50	1.270	98	434.50	22.129		178	775.76	39.509		275	1189.54	60.583		
75	1.905	122	536.88	27.343		232	1006.11	51.241		354	1526.54	77.746		
70.31	2.540	138	605.13	30.819	43.83	278	1202.34	61.235	87.09	394	1697.17	86.436	122.94	
125	3.175	159	694.71	35.381		314	1355.91	69.056		443	1906.20	97.082		
150	3.810	178	775.76	39.509		344	1483.88	75.574		492	2115.22	107.727		
105.46	5.080	204	886.67	45.158	42.82	394	1697.17	86.436	81.96	588	2524.74	128.584	121.93	
300	7.620	239	1035.97	52.762		445	1914.73	97.516		729	3126.22	159.217		
400	10.160	262	1134.09	57.759		472	2029.91	103.382		802	3437.62	175.077		
500	12.700	284	1227.93	62.538		505	2170.68	110.552		885	3791.68	193.109		



Número de golpes	CBR (%) 0.1"	CBR (%) 0.2"	Densidad Seca (gr/cm ³)	Expansión (%)
12	43.83	42.82	1.80	0.00
26	87.09	81.96	1.89	0.00
55	122.94	121.93	1.97	0.00



Penetración	0.1"	0.2"
CBR al 100 % de la MDS	124.37%	123.73%
CBR al 95 % de la MDS	78.74%	73.80%

Resultado del ensayo de CBR del tratamiento T4-03



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132, ASTM D1883-73 y AASHTO T193-63

DATOS GENERALES			DATOS DEL ENSAYO		
Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.03%		Densidad seca máxima: 1.99 g/cm ³		Peso del martillo: 6.76 kg
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.01%		Humedad óptima: 14.30%		Altura de caída del martillo: 45.50 cm
Repetición: 3	Adición de cemento IP: 1.50%		Número de capas: 5		Área del pistón: 19.63 cm ²

DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN

Molde:	J-1	J-2	J-3
Altura del molde (cm):	17.90	17.80	17.70
Altura del disco espaciador (cm):	5.00	5.00	5.00
Diámetro del molde (cm):	15.4	15.20	15.30
Altura de la muestra compactada (cm):	12.90	12.80	12.70
Volumen del molde (cm ³):	2402.82	2322.67	2334.94
Número de golpes por capa:	12	26	55
Peso del molde (g):	6810.00	7780.00	7930.00
Peso del molde + Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	11750.00	12745.00	13055.00
Peso del molde + Muestra compactada, después de la inmersión (g):	11965.00	12850.00	13115.00
Peso del agua absorbida (g):	215.00	105.00	60.00
Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	4940.00	4965.00	5125.00
Muestra compactada, después de la inmersión (g):	5155.00	5070.00	5185.00
Densidad húmeda (g/cm ³):	2.15	2.18	2.22

CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUÉS DE LA INMERSIÓN

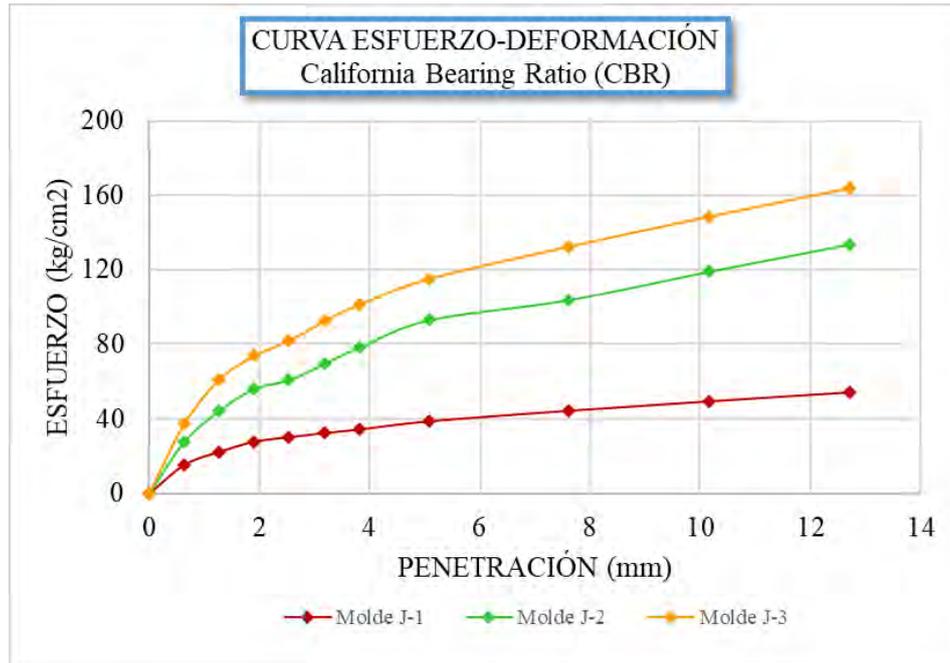
Molde:	J-1			J-2			J-3		
	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior
Peso de cápsula (g):	55.59	63.43	60.09	64.19	60.4	66.72	60.7	59.74	60.9
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	88.80	102.27	86.98	88.03	91.87	86.41	75.06	86.59	88.31
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	83.67	96.26	82.68	85.11	87.78	83.71	73.53	83.76	84.99
Peso del agua (g):	5.13	6.01	4.30	2.92	4.09	2.70	1.53	2.83	3.32
Muestra seca (g):	28.08	32.83	22.59	20.92	27.38	16.99	12.83	24.02	24.09
Contenido de humedad (%):	18.27	18.31	19.03	13.96	14.94	15.89	11.93	11.78	13.78
Humedad media (%)	18.54			14.93			12.50		
Densidad Seca (gr/cm ³):	1.81			1.90			1.97		

ENSAYO DE EXPANSIÓN

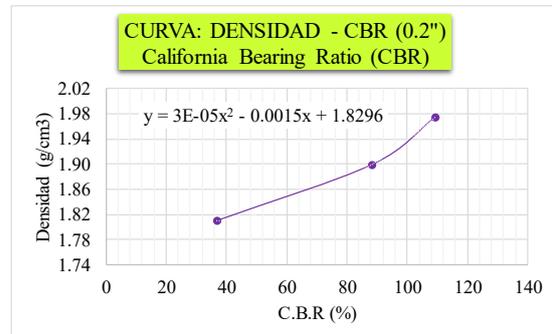
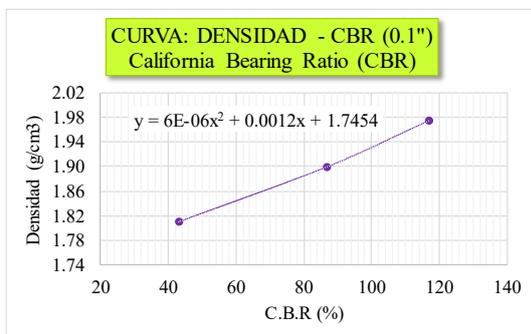
Hora y fecha de iniciación	Tiempo transcurrido (horas)	Molde J-1 (12 golpes)				Molde J-2 (26 golpes)				Molde J-3 (55 golpes)			
		Sobrecarga: 5310.00 g				Sobrecarga: 6280.00 g				Sobrecarga: 5620.00 g			
		Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)
12:02:00	24/03/2025	0	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0.00	
01:10:00	25/03/2025	24	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0.00	
12:45:00	26/03/2025	48	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0.00	
11:42:00	27/03/2025	72	2	0.051	0.04	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0.00	
12:55:00	28/03/2025	96	3	0.076	0.06	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0.00	

ENSAYO CARGA-PENETRACIÓN

Carga Unitaria Patrón (kg/cm ²)	Dial *0.001"	Penetración (mm)	Molde J-1 (12 golpes)				Molde J-2 (26 golpes)				Molde J-3 (55 golpes)			
			Sobrecarga: 2239.85 g				Sobrecarga: 2239.85 g				Sobrecarga: 2239.85 g			
			Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)
0	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	0.00	0	0.00	0.000	0.00		
25	0.635	67	302.26	15.394	124	545.41	27.777	168	733.10	37.337	168	733.10	37.337	
50	1.270	99	438.76	22.346	201	873.87	44.506	278	1202.34	61.235	278	1202.34	61.235	
75	1.905	124	545.41	27.777	255	1104.23	56.238	336	1449.76	73.835	336	1449.76	73.835	
70.31	100	2.540	135	592.33	30.167	42.91	277	1198.07	61.017	86.78	374	1611.86	82.091	116.76
125	3.175	145	634.99	32.340	317	1368.71	69.708	422	1816.62	92.519	422	1816.62	92.519	
150	3.810	154	673.38	34.295	357	1539.34	78.398	462	1987.25	101.210	462	1987.25	101.210	
105.46	200	5.080	174	758.70	38.640	36.64	425	1829.41	93.171	88.35	526	2260.26	115.114	109.15
300	7.620	200	869.61	44.289	475	2042.70	104.034	606	2601.52	132.494	606	2601.52	132.494	
400	10.160	223	967.72	49.286	545	2341.31	119.242	680	2917.19	148.571	680	2917.19	148.571	
500	12.700	245	1061.57	54.065	612	2627.12	133.798	750	3215.80	163.779	750	3215.80	163.779	



Número de golpes	CBR (%) 0.1"	CBR (%) 0.2"	Densidad Seca (gr/cm ³)	Expansión (%)
12	42.91	36.64	1.81	0.06
26	86.78	88.35	1.90	0.00
55	116.76	109.15	1.97	0.00



Penetración	0.1"	0.2"
CBR al 100 % de la MDS	122.66%	112.95%
CBR al 95 % de la MDS	82.91%	85.38%

Resultado del ensayo de CBR del tratamiento T5-01



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132, ASTM D1883-73 y AASHTO T193-63

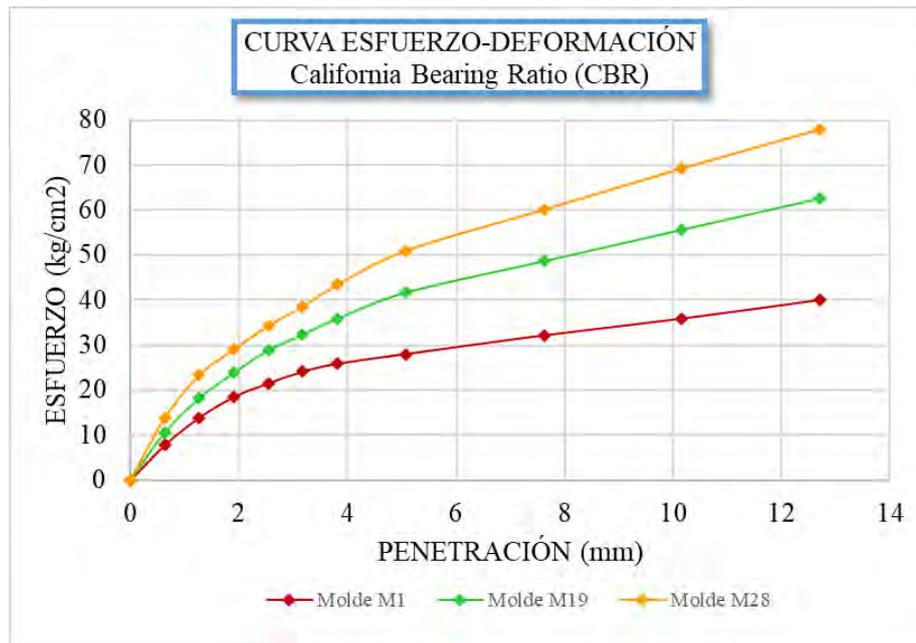
DATOS GENERALES			DATOS DEL ENSAYO		
Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.03%		Densidad seca máxima: 1.95 g/cm ³		Peso del martillo: 6.76 kg
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.03%		Humedad óptima: 14.00%		Altura de caída del martillo: 45.50 cm
Repetición: 1	Adición de cemento IP: 0.50%		Número de capas: 5		Área del pistón: 19.63 cm ²

DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN			
Molde:	M1	M19	M28
Altura del molde (cm):	17.90	17.70	17.70
Altura del disco espaciador (cm):	5.00	5.00	5.00
Diámetro del molde (cm):	15.5	15.20	15.20
Altura de la muestra compactada (cm):	12.90	12.70	12.70
Volumen del molde (cm ³):	2434.13	2304.52	2304.52
Número de golpes por capa:	12	26	55
Peso del molde (g):	6770.00	6995.00	7575.00
Peso del molde + Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	11490.00	11655.00	12500.00
Peso del molde + Muestra compactada, después de la inmersión (g):	11745.00	11825.00	12620.00
Peso del agua absorbida (g):	255.00	170.00	120.00
Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	4720.00	4660.00	4925.00
Muestra compactada, después de la inmersión (g):	4975.00	4830.00	5045.00
Densidad húmeda (g/cm ³):	2.04	2.10	2.19

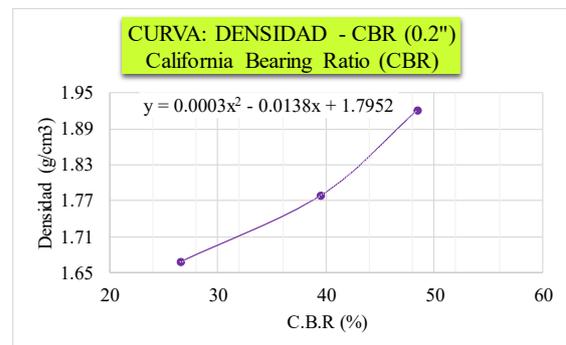
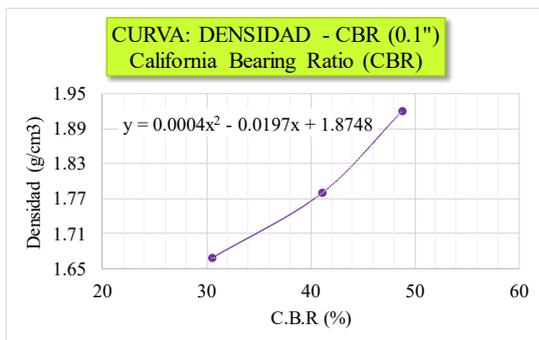
CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUÉS DE LA INMERSIÓN									
Molde:	M1			M19			M28		
	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior
Peso de cápsula (g):	53.46	63.63	57.62	60.86	57.59	58.74	57.41	56.18	57.64
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	75.81	103.30	82.74	77.37	98.80	83.43	93.43	91.73	79.63
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	71.58	96.22	78.11	74.76	93.03	79.59	89.21	87.46	76.74
Peso del agua (g):	4.23	7.08	4.63	2.61	5.77	3.84	4.22	4.27	2.89
Muestra seca (g):	18.12	32.59	20.49	13.90	35.44	20.85	31.80	31.28	19.10
Contenido de humedad (%):	23.34	21.72	22.60	18.78	16.28	18.42	13.27	13.65	15.13
Humedad media (%):	22.56			17.83			14.02		
Densidad Seca (gr/cm ³):	1.67			1.78			1.92		

ENSAYO DE EXPANSIÓN													
Hora y fecha de iniciación	Tiempo transcurrido (horas)	Molde M1 (12 golpes)				Molde M19 (26 golpes)				Molde M28 (55 golpes)			
		Sobrecarga: 5235.00 g		Sobrecarga: 5235.00 g		Sobrecarga: 5235.00 g		Sobrecarga: 5200.00 g					
		Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)
12:10:00	20/02/2025	0	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0.00	0	0.000	0.00	0.00
12:15:00	21/02/2025	24	6	0.152	0.12	5	0.127	0.10	0.10	5	0.127	0.10	0.10
12:17:00	24/02/2025	48	7	0.178	0.14	7	0.178	0.14	0.14	6	0.152	0.12	0.12
12:11:00	25/02/2025	72	8	0.203	0.16	8	0.203	0.16	0.16	8	0.203	0.16	0.16
12:33:00	26/02/2025	96	10	0.254	0.20	9	0.229	0.18	0.18	8	0.203	0.16	0.16

ENSAYO CARGA-PENETRACIÓN														
Carga Unitaria Patrón (kg/cm ²)	Dial *0.001"	Penetración (mm)	Molde M1 (12 golpes)				Molde M19 (26 golpes)				Molde M28 (55 golpes)			
			Sobrecarga: 2239.85 g				Sobrecarga: 2239.85 g				Sobrecarga: 2239.85 g			
			Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)
0	0.000	0	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000	0.00
25	0.635	32	152.95	7.790	10.614	4.5	208.41	10.614	10.614	6.0	272.40	13.873	13.873	13.873
50	1.270	60	272.40	13.873	18.218	8.0	357.71	18.218	18.218	10.4	460.09	23.432	23.432	23.432
75	1.905	81	361.98	18.435	23.867	10.6	468.62	23.867	23.867	13.0	571.00	29.081	29.081	29.081
70.31	2.540	95	421.70	21.477	28.864	30.55	566.74	28.864	28.864	41.05	673.38	34.295	34.295	48.78
125	3.175	107	472.89	24.084	32.340	145	634.99	32.340	32.340	174	758.70	38.640	38.640	38.640
150	3.810	115	507.01	25.822	35.816	161	703.24	35.816	35.816	196	852.54	43.420	43.420	43.420
105.46	5.080	125	549.67	27.995	41.682	26.55	818.42	41.682	41.682	39.52	1001.85	51.024	51.024	48.38
300	7.620	144	630.72	32.122	48.634	220	954.92	48.634	48.634	273	1181.01	60.148	60.148	60.148
400	10.160	161	703.24	35.816	55.586	252	1091.43	55.586	55.586	315	1360.17	69.273	69.273	69.273
500	12.700	180	784.29	39.944	62.538	284	1227.93	62.538	62.538	355	1530.81	77.963	77.963	77.963



Número de golpes	CBR (%) 0.1"	CBR (%) 0.2"	Densidad Seca (gr/cm ³)	Expansión (%)
12	30.55	26.55	1.67	0.20
26	41.05	39.52	1.78	0.18
55	48.78	48.38	1.92	0.16



Penetración	0.1"	0.2"
CBR al 100 % de la MDS	50.13%	49.92%
CBR al 95 % de la MDS	45.42%	44.55%

Resultado del ensayo de CBR del tratamiento T5-02



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132, ASTM D1883-73 y AASHTO T193-63

DATOS GENERALES			DATOS DEL ENSAYO		
Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.03%		Densidad seca máxima: 1.95 g/cm ³		Peso del martillo: 6.76 kg
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.03%		Humedad óptima: 13.40%		Altura de caída del martillo: 45.50 cm
Repetición: 2	Adición de cemento IP: 0.50%		Número de capas: 5		Área del pistón: 19.63 cm ²

DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN

	H-34	H-35	H-36
Molde:			
Altura del molde (cm):	17.80	17.80	17.80
Altura del disco espaciador (cm):	5.00	5.00	5.00
Diámetro del molde (cm):	15.4	15.20	15.35
Altura de la muestra compactada (cm):	12.80	12.80	12.80
Volumen del molde (cm ³):	2384.19	2322.67	2368.74
Número de golpes por capa:	12	26	55
Peso del molde (g):	6615.00	7665.00	7500.00
Peso del molde + Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	11535.00	12605.00	12675.00
Peso del molde + Muestra compactada, después de la inmersión (g):	11720.00	12675.00	12725.00
Peso del agua absorbida (g):	185.00	70.00	50.00
Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	4920.00	4940.00	5175.00
Muestra compactada, después de la inmersión (g):	5105.00	5010.00	5225.00
Densidad húmeda (g/cm ³):	2.14	2.16	2.21

CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUÉS DE LA INMERSIÓN

Molde:	H-34			H-35			H-36		
	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior
Peso de cápsula (g):	56.15	59.17	55.16	56.47	55.68	60.83	56.34	59.94	61.99
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	75.61	89.71	74.75	90.76	90.18	96.76	86.07	88.13	107.76
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	72.77	85.59	71.57	86.22	85.72	92.15	82.27	84.71	102.31
Peso del agua (g):	2.84	4.12	3.18	4.54	4.46	4.61	3.80	3.42	5.45
Muestra seca (g):	16.62	26.42	16.41	29.75	30.04	31.32	25.93	24.77	40.32
Contenido de humedad (%):	17.09	15.59	19.38	15.26	14.85	14.72	14.65	13.81	13.52
Humedad media (%):	17.35			14.94			13.99		
Densidad Seca (gr/cm ³):	1.82			1.88			1.94		

ENSAYO DE EXPANSIÓN

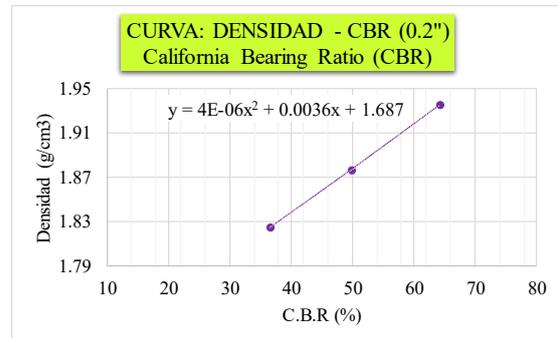
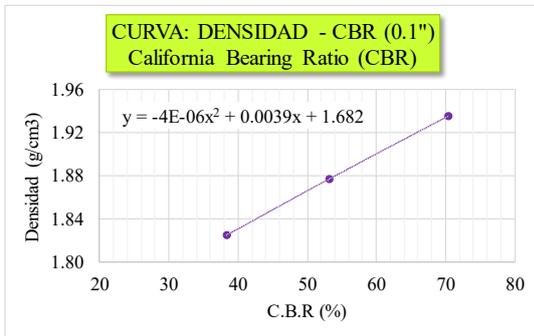
Hora y fecha de iniciación	Tiempo transcurrido (horas)	Molde H-34 (12 golpes)				Molde H-35 (26 golpes)				Molde H-36 (55 golpes)				
		Sobrecarga: 5240.00 g		Sobrecarga: 5365.00 g		Sobrecarga: 5465.00 g		Sobrecarga: 5465.00 g		Sobrecarga: 5465.00 g		Sobrecarga: 5465.00 g		
		Dial	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	Def. (mm)	%=S/H(100)	
12:12:00	03/03/2025	0	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00
12:02:00	04/03/2025	24	1	0.025	0.02	2	0.051	0.04	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00
10:15:00	05/03/2025	48	3	0.076	0.06	3	0.076	0.06	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00
10:50:00	06/03/2025	72	5	0.127	0.10	4	0.102	0.08	1	0.025	0.02	1	0.025	0.02
12:18:00	07/03/2025	96	7	0.178	0.14	5	0.127	0.10	2	0.051	0.04	2	0.051	0.04

ENSAYO CARGA-PENETRACIÓN

Carga Unitaria Patrón (kg/cm ²)	Dial *0.001"	Penetración (mm)	Molde H-34 (12 golpes)				Molde H-35 (26 golpes)				Molde H-36 (55 golpes)			
			Sobrecarga: 2239.85 g				Sobrecarga: 2239.85 g				Sobrecarga: 2239.85 g			
			Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)
0	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	
25	0.635	36	170.02	8.659	52	238.27	12.135	80	357.71	18.218	140	613.66	31.253	
50	1.270	70	315.05	16.046	95	421.70	21.477	190	826.95	42.116	274	1185.28	60.366	
75	1.905	98	434.50	22.129	128	562.47	28.646	224	971.99	49.503	308	1330.31	67.752	
70.31	100	2.540	120	528.34	26.908	38.27	168	733.10	37.337	53.10	224	971.99	49.503	70.41
125	3.175	130	571.00	29.081	189	822.68	41.899	248	1074.37	54.717	366	1577.73	80.353	
150	3.810	149	652.05	33.209	209	908.00	46.244	274	1185.28	60.366	414	1782.49	90.781	
105.46	200	5.080	174	758.70	38.640	36.64	238	1031.71	52.544	49.82	308	1330.31	67.752	64.24
300	7.620	194	844.01	42.985	274	1185.28	60.366	366	1577.73	80.353	462	1987.25	101.210	
400	10.160	214	929.33	47.330	310	1338.85	68.187	414	1782.49	90.781	462	1987.25	101.210	
500	12.700	234	1014.64	51.675	346	1492.41	76.008	462	1987.25	101.210	462	1987.25	101.210	



Número de golpes	CBR (%)		Densidad Seca (gr/cm ³)	Expansión (%)
	0.1"	0.2"		
12	38.27	36.64	1.82	0.14
26	53.10	49.82	1.88	0.10
55	70.41	64.24	1.94	0.04



Penetración	0.1"	0.2"
CBR al 100 % de la MDS	74.97%	67.87%
CBR al 95 % de la MDS	46.18%	43.75%

Resultado del ensayo de CBR del tratamiento T5-03



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132, ASTM D1883-73 y AASHTO T193-63

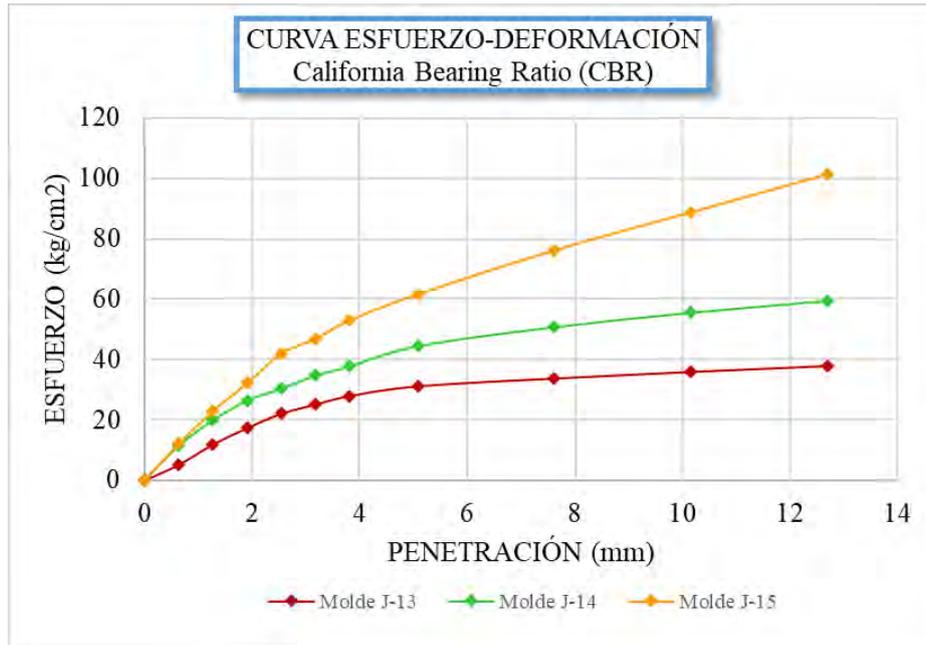
DATOS GENERALES			DATOS DEL ENSAYO		
Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.03%		Densidad seca máxima: 1.96 g/cm ³		Peso del martillo: 6.75 kg
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.03%		Humedad óptima: 14.70%		Altura de caída del martillo: 45.50 cm
Repetición: 3	Adición de cemento IP: 0.50%		Número de capas: 5		Área del pistón: 19.63 cm ²

DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN			
Molde:	J-13	J-14	J-15
Altura del molde (cm):	17.80	17.80	17.90
Altura del disco espaciador (cm):	5.00	5.00	5.00
Diámetro del molde (cm):	15.5	15.40	15.60
Altura de la muestra compactada (cm):	12.80	12.80	12.90
Volumen del molde (cm ³):	2415.26	2384.19	2465.64
Número de golpes por capa:	12	26	55
Peso del molde (g):	7660.00	8385.00	6685.00
Peso del molde + Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	12205.00	13225.00	11950.00
Peso del molde + Muestra compactada, después de la inmersión (g):	12475.00	13390.00	12015.00
Peso del agua absorbida (g):	270.00	165.00	65.00
Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	4545.00	4840.00	5265.00
Muestra compactada, después de la inmersión (g):	4815.00	5005.00	5330.00
Densidad húmeda (g/cm ³):	1.99	2.10	2.16

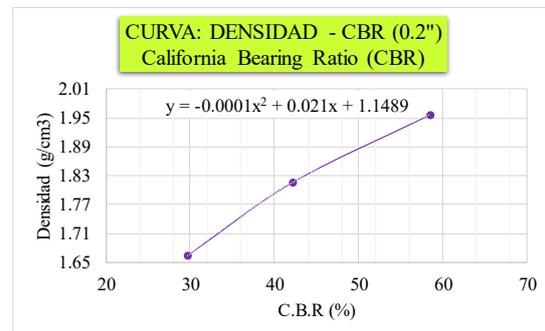
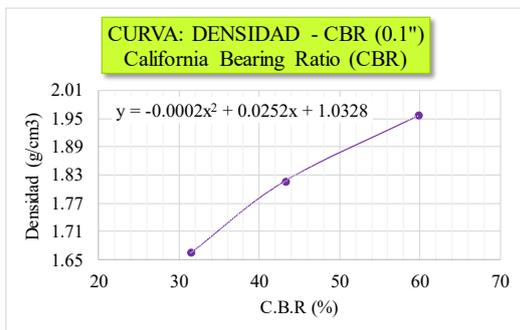
CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUÉS DE LA INMERSIÓN									
Molde:	J-13			J-14			J-15		
	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior
Peso de cápsula (g):	59.8	55.13	49.54	60.86	52.84	52.38	66.73	52.49	55.58
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	79.14	90.96	76.66	76.95	85.54	75.98	85.76	91.16	79.86
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	75.97	85.55	71.76	74.85	81.09	72.74	83.98	87.43	77.55
Peso del agua (g):	3.17	5.41	4.90	2.10	4.45	3.24	1.78	3.73	2.31
Muestra seca (g):	16.17	30.42	22.22	13.99	28.25	20.36	17.25	34.94	21.97
Contenido de humedad (%):	19.60	17.78	22.05	15.01	15.75	15.91	10.32	10.68	10.51
Humedad media (%):	19.81			15.56			10.50		
Densidad Seca (gr/cm ³):	1.66			1.82			1.96		

ENSAYO DE EXPANSIÓN													
Hora y fecha de iniciación	Tiempo transcurrido (horas)	Molde J-13 (12 golpes)				Molde J-14 (26 golpes)				Molde J-15 (55 golpes)			
		Sobrecarga: 5235.00 g		Sobrecarga: 5235.00 g		Sobrecarga: 5235.00 g		Sobrecarga: 5235.00 g		Sobrecarga: 5235.00 g		Sobrecarga: 5235.00 g	
		Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)
12:12:00	24/03/2025	0	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0.00	0	0.000	0.00	0.00
01:05:00	25/03/2025	24	4	0.102	0.08	3	0.076	0.06	0.06	2	0.051	0.04	0.04
12:49:00	26/03/2025	48	6	0.152	0.12	5	0.127	0.10	0.10	3	0.076	0.06	0.06
11:43:00	27/03/2025	72	8	0.203	0.16	6	0.152	0.12	0.12	7	0.178	0.14	0.14
01:05:00	28/03/2025	96	10	0.254	0.20	8	0.203	0.16	0.16	7	0.178	0.14	0.14

ENSAYO CARGA-PENETRACIÓN														
Carga Unitaria Patrón (kg/cm ²)	Dial *0.001"	Penetración (mm)	Molde J-13 (12 golpes)				Molde J-14 (26 golpes)				Molde J-15 (55 golpes)			
			Sobrecarga: 2239.85 g				Sobrecarga: 2239.85 g				Sobrecarga: 2239.85 g			
			Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)
	0	0.000	0	0.00	0.000		0	0.00	0.000		0	0.00	0.000	
	25	0.635	20	101.76	5.183		49	225.47	11.483		52	238.27	12.135	
	50	1.270	51	234.00	11.918		88	391.84	19.956		102	451.56	22.998	
	75	1.905	76	340.65	17.349		118	519.81	26.474		144	630.72	32.122	
	70.31	2.540	98	434.50	22.129	31.47	136	596.60	30.384	43.21	190	826.95	42.116	59.90
	125	3.175	112	494.22	25.170		156	681.91	34.730		212	920.80	46.896	
	150	3.810	125	549.67	27.995		170	741.63	37.771		240	1040.24	52.979	
	105.46	5.080	140	613.66	31.253	29.64	201	873.87	44.506	42.20	280	1210.87	61.669	58.48
	300	7.620	152	664.85	33.860		230	997.58	50.806		347	1496.68	76.225	
	400	10.160	162	707.51	36.033		252	1091.43	55.586		405	1744.10	88.826	
	500	12.700	171	745.90	37.988		270	1168.21	59.497		463	1991.51	101.427	



Número de golpes	CBR (%) 0.1"	CBR (%) 0.2"	Densidad Seca (gr/cm ³)	Expansión (%)
12	31.47	29.64	1.66	0.20
26	43.21	42.20	1.82	0.16
55	59.90	58.48	1.96	0.14



Penetración	0.1"	0.2"
CBR al 100 % de la MDS	60.58%	59.07%
CBR al 95 % de la MDS	47.59%	46.73%

Resultado del ensayo de CBR del tratamiento T6-01



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132, ASTM D1883-73 y AASHTO T193-63

DATOS GENERALES			DATOS DEL ENSAYO		
Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.01%		Densidad seca máxima: 1.98 g/cm ³		Peso del martillo: 6.76 kg
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.03%		Humedad óptima: 14.10%		Altura de caída del martillo: 45.50 cm
Repetición: 1	Adición de cemento IP: 1.50%		Número de capas: 5		Área del pistón: 19.63 cm ²

DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN

	M8	M16	M18
Molde:			
Altura del molde (cm):	17.90	17.80	17.70
Altura del disco espaciador (cm):	5.00	5.00	5.00
Diámetro del molde (cm):	15.4	15.20	15.30
Altura de la muestra compactada (cm):	12.90	12.80	12.70
Volumen del molde (cm ³):	2402.82	2322.67	2334.94
Número de golpes por capa:	12	26	55
Peso del molde (g):	6700.00	7670.00	7820.00
Peso del molde + Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	11640.00	12635.00	12945.00
Peso del molde + Muestra compactada, después de la inmersión (g):	11840.00	12735.00	13000.00
Peso del agua absorbida (g):	200.00	100.00	55.00
Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	4940.00	4965.00	5125.00
Muestra compactada, después de la inmersión (g):	5140.00	5065.00	5180.00
Densidad húmeda (g/cm ³):	2.14	2.18	2.22

CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUÉS DE LA INMERSIÓN

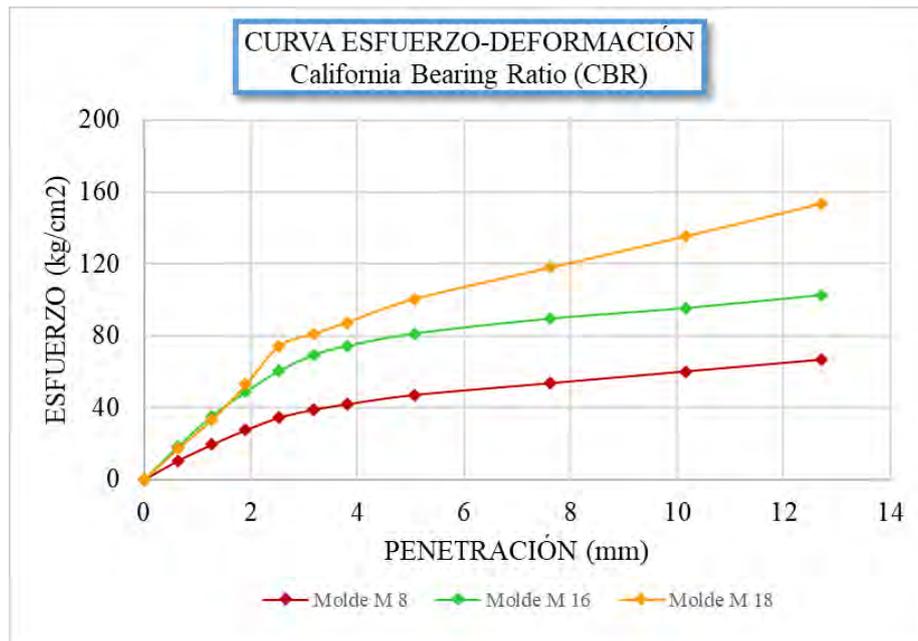
Molde:	M8			M16			M18		
	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior
Peso de cápsula (g):	53.47	61.31	57.97	62.07	58.28	64.6	58.58	57.62	58.78
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	86.68	100.15	84.86	85.91	89.75	84.29	72.94	84.47	86.19
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	81.45	94.34	80.66	82.88	85.56	81.69	71.31	81.44	82.88
Peso del agua (g):	5.23	5.81	4.20	3.03	4.19	2.60	1.63	3.03	3.31
Muestra seca (g):	27.98	33.03	22.69	20.81	27.28	17.09	12.73	23.82	24.10
Contenido de humedad (%):	18.69	17.59	18.51	14.56	15.36	15.21	12.80	12.72	13.73
Humedad media (%):	18.26			15.04			13.09		
Densidad Seca (gr/cm ³):	1.81			1.90			1.96		

ENSAYO DE EXPANSIÓN

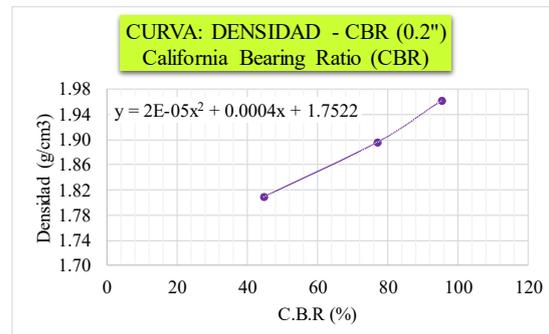
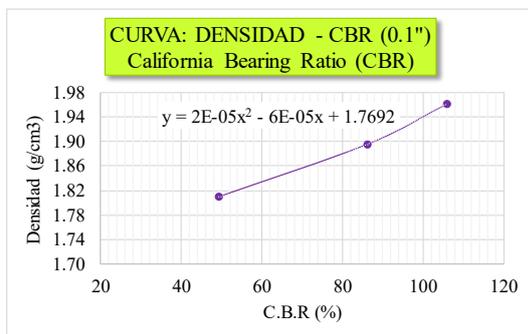
Hora y fecha de iniciación	Tiempo transcurrido (horas)	Molde M8 (12 golpes)			Molde M16 (26 golpes)			Molde M18 (55 golpes)				
		Sobrecarga: 5310.00 g			Sobrecarga: 6280.00 g			Sobrecarga: 5620.00 g				
		Dial	0.001"	Def. (mm)	% = S/H(100)	Dial	0.001"	Def. (mm)	% = S/H(100)	Dial	0.001"	Def. (mm)
12:10:00	21/02/2025	0	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0.00
12:15:00	24/02/2025	24	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0.00
12:17:00	25/02/2025	48	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0.00
12:11:00	26/02/2025	72	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0.00
12:33:00	27/02/2025	96	4	0.102	0.08	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0.00

ENSAYO CARGA-PENETRACIÓN

Carga Unitaria Patrón (kg/cm ²)	Dial *0.001"	Penetración (mm)	Molde M8 (12 golpes)				Molde M16 (26 golpes)				Molde M18 (55 golpes)			
			Sobrecarga: 2239.85 g				Sobrecarga: 2239.85 g				Sobrecarga: 2239.85 g			
			Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)
0	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	0.00	0	0.00	0.000	0.00		
25	0.635	45	208.41	10.614	82	366.24	18.653	75	336.38	17.132				
50	1.270	86	383.31	19.522	159	694.71	35.381	150	656.32	33.426				
75	1.905	123	541.14	27.560	221	959.19	48.851	240	1040.24	52.979				
70.31	100	2.540	155	677.65	34.512	49.09	275	1189.54	60.583	86.17	339	1462.55	74.487	105.94
125	3.175	175	762.96	38.857	315	1360.17	69.273	369	1590.53	81.005				
150	3.810	189	822.68	41.899	338	1458.29	74.270	399	1718.50	87.523				
105.46	200	5.080	213	925.06	47.113	44.67	370	1594.79	81.222	77.02	459	1974.45	100.558	95.35
300	7.620	243	1053.04	53.631	408	1756.89	89.478	539	2315.71	117.938				
400	10.160	273	1181.01	60.148	435	1872.07	95.344	619	2656.98	135.319				
500	12.700	303	1308.99	66.666	468	2012.84	102.513	702	3011.04	153.351				



Número de golpes	CBR (%)	CBR (%)	Densidad Seca (gr/cm ³)	Expansión (%)
	0.1"	0.2"		
12	49.09	44.67	1.81	0.08
26	86.17	77.02	1.90	0.00
55	105.94	95.35	1.96	0.00



Penetración	0.1"	0.2"
CBR al 100 % de la MDS	110.76%	99.90%
CBR al 95 % de la MDS	81.17%	72.49%

Resultado del ensayo de CBR del tratamiento T6-02



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132, ASTM D1883-73 y AASHTO T193-63

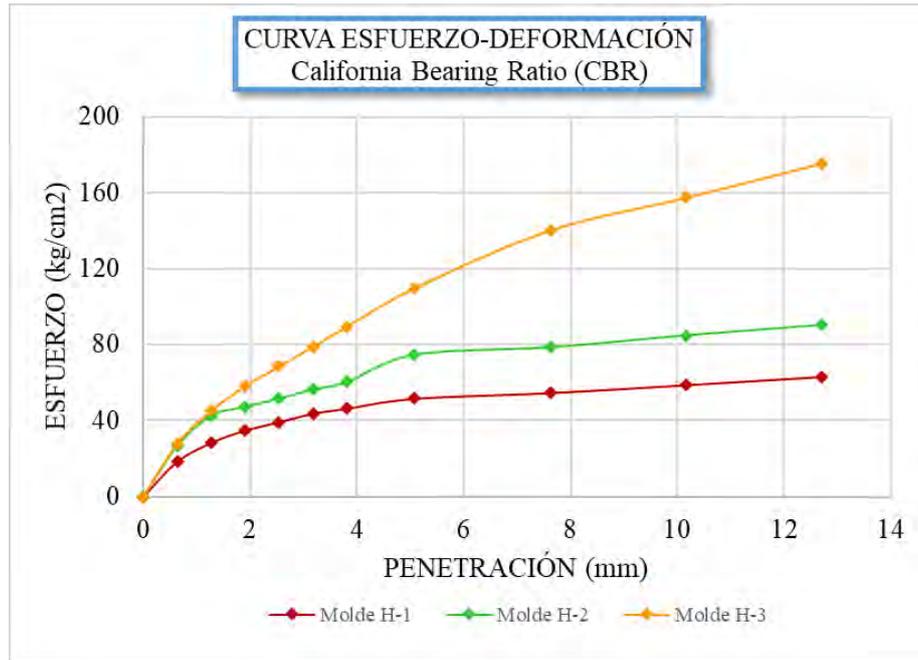
DATOS GENERALES				DATOS DEL ENSAYO					
Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.01%	Densidad seca máxima: 1.97 g/cm ³	Peso del martillo: 6.75 kg	Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.03%	Humedad óptima: 16.30%	Altura de caída del martillo: 45.50 cm		
Repetición: 2	Adición de cemento IP: 1.50%	Número de capas: 5	Área del pistón: 19.63 cm ²						
DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN									
Molde:	H-1	H-2	H-3						
Altura del molde (cm):	17.70	17.70	17.60						
Altura del disco espaciador (cm):	5.00	5.00	5.00						
Diámetro del molde (cm):	15.2	15.20	15.20						
Altura de la muestra compactada (cm):	12.70	12.70	12.60						
Volumen del molde (cm ³):	2304.52	2304.52	2286.38						
Número de golpes por capa:	12	26	55						
Peso del molde (g):	6950.00	6650.00	6725.00						
Peso del molde + Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	11615.00	11415.00	11630.00						
Peso del molde + Muestra compactada, después de la inmersión (g):	11775.00	11505.00	11675.00						
Peso del agua absorbida (g):	160.00	90.00	45.00						
Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	4665.00	4765.00	4905.00						
Muestra compactada, después de la inmersión (g):	4825.00	4855.00	4950.00						
Densidad húmeda (g/cm ³):	2.09	2.11	2.16						
CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUÉS DE LA INMERSIÓN									
Molde:	H-1		H-2			H-3			
	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior
Peso de cápsula (g):	59.84	55.65	58.07	57.91	59.85	54.96	58.76	54.47	62
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	85.94	91.79	80.08	72.02	106.60	79.56	76.72	123.23	77.8
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	82.22	87.07	76.78	70.44	100.97	76.57	74.76	115.93	76.12
Peso del agua (g):	3.72	4.72	3.30	1.58	5.63	2.99	1.96	7.30	1.68
Muestra seca (g):	22.38	31.42	18.71	12.53	41.12	21.61	16.00	61.46	14.12
Contenido de humedad (%):	16.62	15.02	17.64	12.61	13.69	13.84	12.25	11.88	11.90
Humedad media (%):	16.43		13.38			12.01			
Densidad Seca (gr/cm ³):	1.80		1.86			1.93			

ENSAYO DE EXPANSIÓN

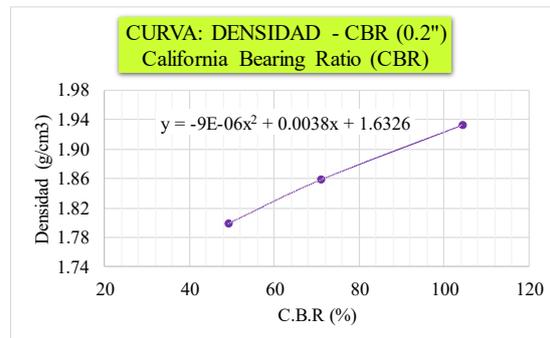
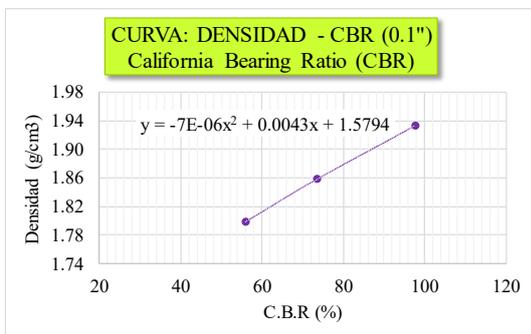
Hora y fecha de iniciación	Tiempo transcurrido (horas)	Molde H-1 (12 golpes)			Molde H-2 (26 golpes)			Molde H-3 (55 golpes)			
		Sobrecarga: 5755.00 g	Sobrecarga: 5830.00 g	Sobrecarga: 5855.00 g	Dial 0.001"	Def (mm)	%=S/H(100)	Dial 0.001"	Def (mm)	%=S/H(100)	
12:16:00	03/03/2025	0	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00
12:12:00	04/03/2025	24	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00
10:20:00	05/03/2025	48	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00
10:57:00	06/03/2025	72	2	0.051	0.04	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00
12:16:00	07/03/2025	96	3	0.076	0.06	2	0.051	0.04	0	0.000	0.00

ENSAYO CARGA-PENETRACIÓN

Carga Unitaria Patrón (kg/cm ²)	Dial *0.001"	Penetración (mm)	Molde H-1 (12 golpes)				Molde H-2 (26 golpes)				Molde H-3 (55 golpes)					
			Sobrecarga: 2239.85 g	Sobrecarga: 2239.85 g	Sobrecarga: 2239.85 g	Sobrecarga: 2239.85 g	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)		
0	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000
25	0.635	81	361.98	18.435	119	524.08	26.691	124	545.41	27.777	204	886.67	45.158	264	1142.62	58.193
50	1.270	127	558.20	28.429	193	839.75	42.768	204	886.67	45.158	264	1142.62	58.193	312	1347.38	68.621
75	1.905	157	686.18	34.947	214	929.33	47.330	264	1142.62	58.193	312	1347.38	68.621	360	1552.14	79.050
70.31	100	2.540	177	771.49	39.292	55.88	234	1014.64	51.675	73.50	312	1347.38	68.621	360	1552.14	79.050
125	3.175	198	861.08	43.854	256	1108.49	56.455	408	1756.89	89.478	408	1756.89	89.478	408	1756.89	89.478
150	3.810	210	912.27	46.461	274	1185.28	60.366	408	1756.89	89.478	408	1756.89	89.478	408	1756.89	89.478
105.46	200	5.080	234	1014.64	51.675	49.00	340	1466.82	74.705	70.84	502	2157.88	109.900	502	2157.88	109.900
300	7.620	248	1074.37	54.717	358	1543.60	78.615	642	2755.09	140.316	642	2755.09	140.316	642	2755.09	140.316
400	10.160	267	1155.42	58.845	387	1667.31	84.916	721	3092.09	157.479	721	3092.09	157.479	721	3092.09	157.479
500	12.700	287	1240.73	63.190	412	1773.96	90.347	804	3446.15	175.511	804	3446.15	175.511	804	3446.15	175.511



Número de golpes	CBR (%) 0.1"	CBR (%) 0.2"	Densidad Seca (gr/cm³)	Expansión (%)
12	55.88	49.00	1.80	0.06
26	73.50	70.84	1.86	0.04
55	97.60	104.21	1.93	0.00



Penetración	0.1"	0.2"
CBR al 100 % de la MDS	110.66%	125.52%
CBR al 95 % de la MDS	77.62%	76.22%

Resultado del ensayo de CBR del tratamiento T6-03



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132, ASTM D1883-73 y AASHTO T193-63

DATOS GENERALES			DATOS DEL ENSAYO		
Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.01%		Densidad seca máxima: 1.99 g/cm ³		Peso del martillo: 6.76 kg
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.03%		Humedad óptima: 14.10%		Altura de caída del martillo: 45.50 cm
Repetición: 3	Adición de cemento IP: 1.50%		Número de capas: 5		Área del pistón: 19.63 cm ²

DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN			
	J-37	J-38	J-39
Molde:	J-37	J-38	J-39
Altura del molde (cm):	17.70	17.60	17.70
Altura del disco espaciador (cm):	5.00	5.00	5.00
Diámetro del molde (cm):	15.2	15.20	15.20
Altura de la muestra compactada (cm):	12.70	12.60	12.70
Volumen del molde (cm ³):	2304.52	2286.38	2304.52
Número de golpes por capa:	12	26	55
Peso del molde (g):	7170.00	6870.00	6945.00
Peso del molde + Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	11835.00	11635.00	11850.00
Peso del molde + Muestra compactada, después de la inmersión (g):	12030.00	11755.00	11930.00
Peso del agua absorbida (g):	195.00	120.00	80.00
Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	4665.00	4765.00	4905.00
Muestra compactada, después de la inmersión (g):	4860.00	4885.00	4985.00
Densidad húmeda (g/cm ³):	2.11	2.14	2.16

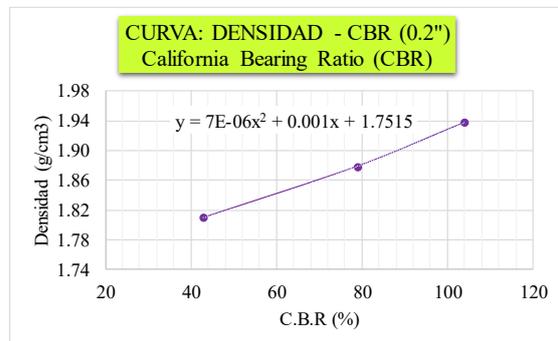
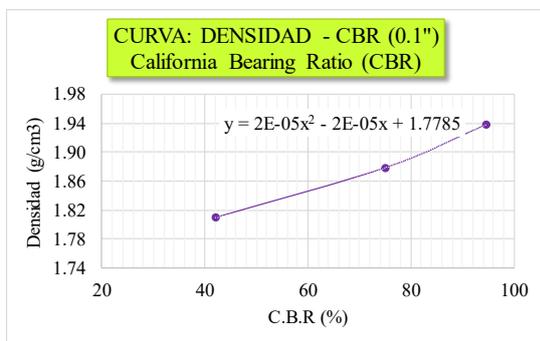
CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUÉS DE LA INMERSIÓN									
	J-37			J-38			J-39		
	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior
Molde:									
Peso de cápsula (g):	64.08	59.89	62.31	62.15	64.09	59.2	63	58.71	66.24
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	90.18	96.03	84.32	76.26	110.84	83.8	80.96	127.47	82.04
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	86.36	91.01	81.22	74.56	105.28	80.77	79.12	120.04	80.42
Peso del agua (g):	3.82	5.02	3.10	1.70	5.56	3.03	1.84	7.43	1.62
Muestra seca (g):	22.28	31.12	18.91	12.41	41.19	21.57	16.12	61.33	14.18
Contenido de humedad (%):	17.15	16.13	16.39	13.70	13.50	14.05	11.41	12.11	11.42
Humedad media (%):	16.56			13.75			11.65		
Densidad Seca (gr/cm ³):	1.81			1.88			1.94		

ENSAYO DE EXPANSIÓN													
Hora y fecha de iniciación	Tiempo transcurrido (horas)	Molde J-37 (12 golpes)				Molde J-38 (26 golpes)				Molde J-39 (55 golpes)			
		Sobrecarga: 5755.00 g		%S/H(100)		Sobrecarga: 5830.00 g		%S/H(100)		Sobrecarga: 5855.00 g		%S/H(100)	
		Dial	Def. (mm)			Dial	Def. (mm)			Dial	Def. (mm)		
12:15:00	24/03/2025	0	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0.00	0	0.000	0.00	0.00
01:09:00	25/03/2025	24	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0.00	0	0.000	0.00	0.00
12:43:00	26/03/2025	48	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0.00	0	0.000	0.00	0.00
11:59:00	27/03/2025	72	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0.00	0	0.000	0.00	0.00
12:56:00	28/03/2025	96	2	0.051	0.04	0	0.000	0.00	0.00	0	0.000	0.00	0.00

ENSAYO CARGA-PENETRACIÓN																	
Carga Unitaria Patrón (kg/cm ²)	Dial *0.001"	Penetración (mm)	Molde J-37 (12 golpes)				Molde J-38 (26 golpes)				Molde J-39 (55 golpes)						
			Sobrecarga: 2239.85 g		CBR (%)		Sobrecarga: 2239.85 g		CBR (%)		Sobrecarga: 2239.85 g		CBR (%)				
			Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)			Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)			Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)		
0	0.000	0	0	0.00	0.000	0	0.00	0	0.00	0.000	0	0.00	0	0.00	0.000		
25	0.635	66	297.99	15.177		128	562.47	28.646			123	541.14	27.560				
50	1.270	98	434.50	22.129		192	835.48	42.551			219	950.66	48.417				
75	1.905	112	494.22	25.170		228	989.05	50.372			274	1185.28	60.366				
70.31	100	2.540	132	579.53	29.515	41.98	239	1035.97	52.762	75.04	302	1304.72	66.449	94.51			
125	3.175	153	669.12	34.078		275	1189.54	60.583			406	1748.36	89.043				
150	3.810	174	758.70	38.640		311	1343.11	68.404			424	1825.15	92.954				
105.46	200	5.080	204	886.67	45.158	42.82	379	1633.19	83.177	78.87	501	2153.61	109.683	104.00			
300	7.620	229	993.32	50.589		448	1927.53	98.168			675	2895.86	147.485				
400	10.160	248	1074.37	54.717		528	2268.79	115.549			758	3249.92	165.517				
500	12.700	268	1159.68	59.062		598	2567.40	130.756			841	3603.99	183.549				



Número de golpes	CBR (%)	CBR (%)	Densidad Seca (gr/cm ³)	Expansión (%)
	0.1"	0.2"		
12	41.98	42.82	1.81	0.04
26	75.04	78.87	1.88	0.00
55	94.51	104.00	1.94	0.00



Penetración	0.1"	0.2"
CBR al 100 % de la MDS	108.94%	123.70%
CBR al 95 % de la MDS	79.46%	84.37%

Resultado del ensayo de CBR del tratamiento T7-01



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132, ASTM D1883-73 y AASHTO T193-63

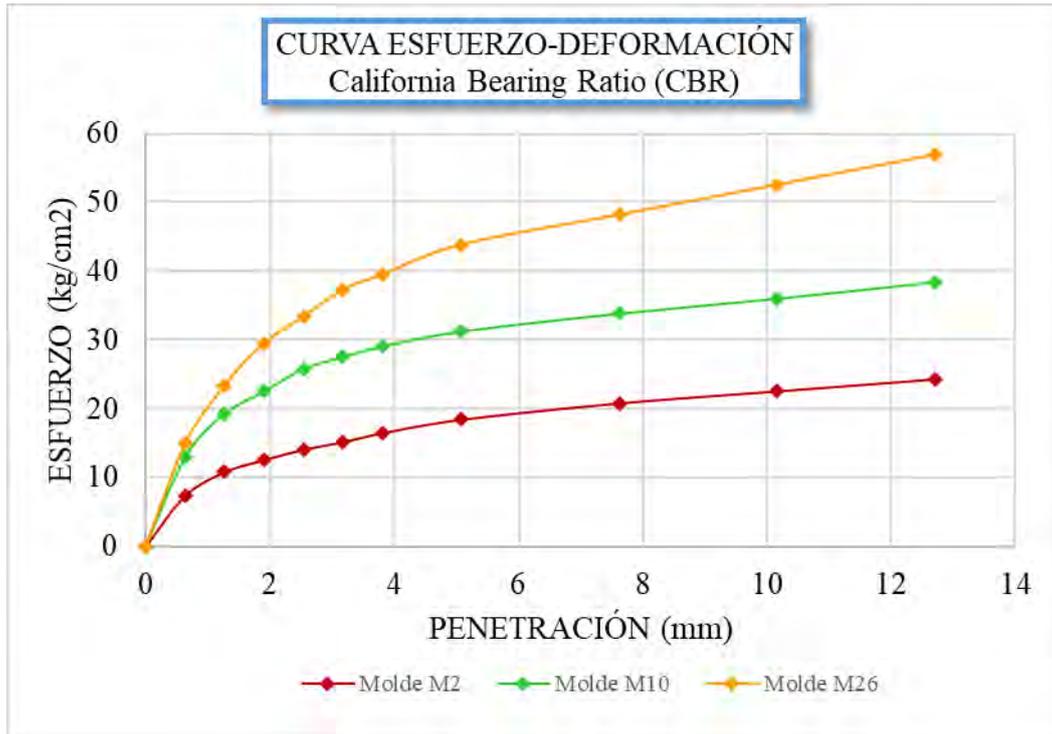
DATOS GENERALES			DATOS DEL ENSAYO		
Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.03%		Densidad seca máxima: 1.93 g/cm ³		Peso del martillo: 6.80 kg
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.01%		Humedad óptima: 13.70%		Altura de caída del martillo: 45.50 cm
Repetición: 1	Adición de cemento IP: 0.50%		Número de capas: 5		Área del pistón: 19.63 cm ²

DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN			
Molde:	M2	M10	M26
Altura del molde (cm):	17.90	17.90	17.90
Altura del disco espaciador (cm):	5.00	5.00	5.00
Diámetro del molde (cm):	15.5	15.50	15.40
Altura de la muestra compactada (cm):	12.90	12.90	12.90
Volumen del molde (cm ³):	2434.13	2434.13	2402.82
Número de golpes por capa:	12	26	55
Peso del molde (g):	6755.00	6830.00	7860.00
Peso del molde + Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	11415.00	11790.00	12885.00
Peso del molde + Muestra compactada, después de la inmersión (g):	11730.00	11945.00	12970.00
Peso del agua absorbida (g):	315.00	155.00	85.00
Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	4660.00	4960.00	5025.00
Muestra compactada, después de la inmersión (g):	4975.00	5115.00	5110.00
Densidad húmeda (g/cm ³):	2.04	2.10	2.13

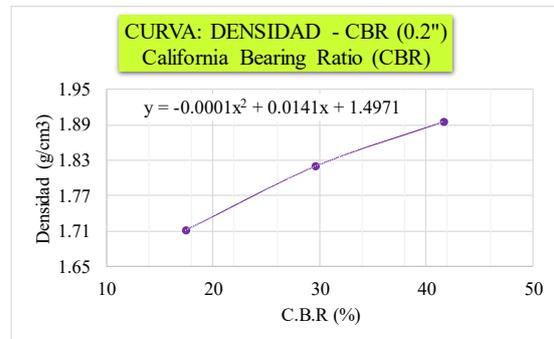
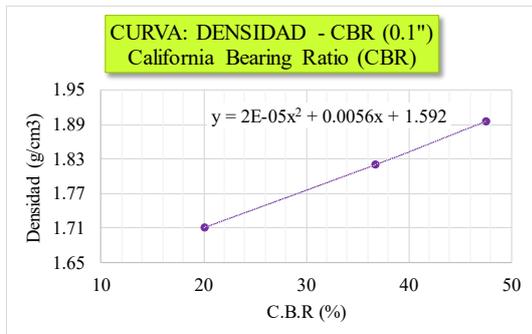
CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUÉS DE LA INMERSIÓN									
Molde:	M2			M10			M26		
	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior
Peso de cápsula (g):	58.47	57.32	58.39	56.19	57.44	57.64	63	58.83	57.29
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	83.66	99.56	87.11	81.86	104.95	88.42	90.44	99.6	91.5
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	79.65	92.67	82.33	78.34	98.52	84.44	87.31	95.55	87.65
Peso del agua (g):	4.01	6.89	4.78	3.52	6.43	3.98	3.13	4.05	3.85
Muestra seca (g):	21.18	35.35	23.94	22.15	41.08	26.80	24.31	36.72	30.36
Contenido de humedad (%):	18.93	19.49	19.97	15.89	15.65	14.85	12.88	11.03	12.68
Humedad media (%):	19.46			15.46			12.20		
Densidad Seca (gr/cm ³):	1.71			1.82			1.90		

ENSAYO DE EXPANSIÓN											
Hora y fecha de iniciación	Tiempo transcurrido (horas)	Molde M2 (12 golpes)				Molde M10 (26 golpes)			Molde M26 (55 golpes)		
		Sobrecarga: 5275.00 g		Sobrecarga: 5275.00 g		Sobrecarga: 5245.00 g			Sobrecarga: 5215.00 g		
		Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	Def. (mm)	%=S/H(100)
12:10:00	20/02/2025	0	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00
12:15:00	21/02/2025	24	9	0.229	0.18	8	0.203	0.16	7	0.178	0.14
12:17:00	24/02/2025	48	10	0.254	0.20	9	0.229	0.18	8	0.203	0.16
12:11:00	25/02/2025	72	13	0.330	0.26	10	0.254	0.20	10	0.254	0.20
12:33:00	26/02/2025	96	14	0.356	0.28	12	0.305	0.24	10	0.254	0.20

ENSAYO CARGA-PENETRACIÓN														
Carga Unitaria Patrón (kg/cm ²)	Dial *0.001"	Penetración (mm)	Molde M2 (12 golpes)				Molde M10 (26 golpes)				Molde M26 (55 golpes)			
			Sobrecarga: 2239.85 g				Sobrecarga: 2239.85 g				Sobrecarga: 2239.85 g			
			Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)
0	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	0.00	0	0.00	0.000	0.00		
25	0.635	30	144.42	7.355	56	255.33	13.004	65	293.72	14.959	65	293.72	14.959	
50	1.270	46	212.67	10.831	85	379.04	19.304	104	460.09	23.432	104	460.09	23.432	
75	1.905	54	246.80	12.569	100	443.03	22.563	132	579.53	29.515	132	579.53	29.515	
70.31	2.540	61	276.66	14.090	20.04	115	507.01	25.822	36.73	150	656.32	33.426	47.54	
125	3.175	66	297.99	15.177	123	541.14	27.560	168	733.10	37.337	168	733.10	37.337	
150	3.810	72	323.59	16.480	130	571.00	29.081	178	775.76	39.509	178	775.76	39.509	
105.46	5.080	81	361.98	18.435	17.48	140	613.66	31.253	29.64	198	861.08	43.854	41.58	
300	7.620	92	408.90	20.825	152	664.85	33.860	218	946.39	48.199	218	946.39	48.199	
400	10.160	100	443.03	22.563	162	707.51	36.033	238	1031.71	52.544	238	1031.71	52.544	
500	12.700	108	477.15	24.301	173	754.43	38.423	258	1117.02	56.890	258	1117.02	56.890	



Número de golpes	CBR (%) 0.1"	CBR (%) 0.2"	Densidad Seca (gr/cm ³)	Expansión (%)
12	20.04	17.48	1.71	0.28
26	36.73	29.64	1.82	0.24
55	47.54	41.58	1.90	0.20



Penetración	0.1"	0.2"
CBR al 100 % de la MDS	52.30%	50.02%
CBR al 95 % de la MDS	38.71%	31.46%

Resultado del ensayo de CBR del tratamiento T7-02



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132, ASTM D1883-73 y AASHTO T193-63

DATOS GENERALES			DATOS DEL ENSAYO		
Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.03%		Densidad seca máxima: 1.94 g/cm ³		Peso del martillo: 6.76 kg
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.01%		Humedad óptima: 16.20%		Altura de caída del martillo: 45.50 cm
Repetición: 2	Adición de cemento IP: 0.50%		Número de capas: 5		Área del pistón: 19.63 cm ²

DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN

	H-13	H-14	H-15
Molde:			
Altura del molde (cm):	17.70	17.60	17.70
Altura del disco espaciador (cm):	5.00	5.00	5.00
Diámetro del molde (cm):	15.5	15.20	15.20
Altura de la muestra compactada (cm):	12.70	12.60	12.70
Volumen del molde (cm ³):	2396.39	2286.38	2304.52
Número de golpes por capa:	12	26	55
Peso del molde (g):	6655.00	6880.00	7460.00
Peso del molde + Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	11375.00	11540.00	12385.00
Peso del molde + Muestra compactada, después de la inmersión (g):	11635.00	11715.00	12510.00
Peso del agua absorbida (g):	260.00	175.00	125.00
Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	4720.00	4660.00	4925.00
Muestra compactada, después de la inmersión (g):	4980.00	4835.00	5050.00
Densidad húmeda (g/cm ³):	2.08	2.11	2.19

CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUÉS DE LA INMERSIÓN

Molde:	H-13			H-14			H-15		
	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior
Peso de cápsula (g):	51.31	61.48	55.47	58.71	55.44	56.59	57.41	56.18	57.64
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	73.66	101.15	80.59	75.22	96.65	81.28	93.43	91.73	79.63
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	69.53	94.17	75.97	72.71	90.98	77.64	89.22	87.49	76.99
Peso del agua (g):	4.13	6.98	4.62	2.51	5.67	3.64	4.21	4.24	2.64
Muestra seca (g):	18.22	32.69	20.50	14.00	35.54	21.05	31.81	31.31	19.35
Contenido de humedad (%):	22.67	21.35	22.54	17.93	15.95	17.29	13.23	13.54	13.64
Humedad media (%):	22.19			17.06			13.47		
Densidad Seca (gr/cm ³):	1.70			1.81			1.93		

ENSAYO DE EXPANSIÓN

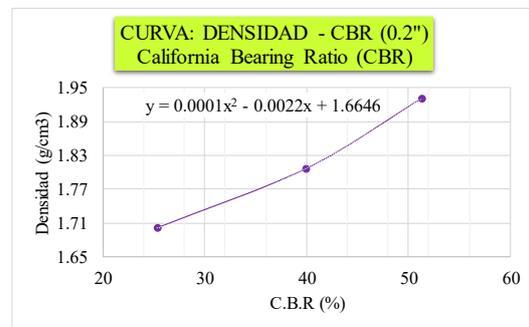
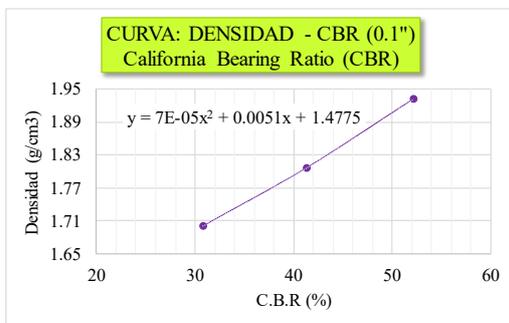
Hora y fecha de iniciación	Tiempo transcurrido (horas)	Molde H-13 (12 golpes)				Molde H-14 (26 golpes)				Molde H-15 (55 golpes)			
		Sobrecarga: 5235.00 g		Sobrecarga: 5235.00 g		Sobrecarga: 5235.00 g		Sobrecarga: 5200.00 g					
		Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)
12:25:00	03/03/2025	0	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0.00	
11:40:00	04/03/2025	24	5	0.127	0.10	4	0.102	0.08	3	0.076	0.06	0.06	
10:14:00	05/03/2025	48	6	0.152	0.12	7	0.178	0.14	4	0.102	0.08	0.08	
10:42:00	06/03/2025	72	8	0.203	0.16	9	0.229	0.18	5	0.127	0.10	0.10	
12:22:00	07/03/2025	96	9	0.229	0.18	9	0.229	0.18	7	0.178	0.14	0.14	

ENSAYO CARGA-PENETRACIÓN

Carga Unitaria Patrón (kg/cm ²)	Dial *0.001"	Penetración (mm)	Molde H-13 (12 golpes)				Molde H-14 (26 golpes)				Molde H-15 (55 golpes)			
			Sobrecarga: 2239.85 g		Sobrecarga: 2239.85 g		Sobrecarga: 2239.85 g							
			Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)
0	0.000	0	0.00	0.000	0.00	0	0.00	0.000	0.00	0	0.00	0.000	0.00	
25	0.635	49	225.47	11.483	58	263.86	13.438	74	332.12	16.915	118	519.81	26.474	
50	1.270	74	332.12	16.915	96	425.96	21.694	113	498.48	25.388	140	613.66	31.253	
75	1.905	88	391.84	19.956	113	498.48	25.388	140	613.66	31.253	185	805.62	41.030	
70.31	100	2.540	96	425.96	21.694	30.86	130	571.00	29.081	41.36	165	720.30	36.685	52.18
125	3.175	103	455.83	23.215	147	643.52	32.774	185	805.62	41.030	208	903.73	46.027	
150	3.810	109	481.42	24.519	164	716.04	36.468	208	903.73	46.027	245	1061.57	54.065	
105.46	200	5.080	119	524.08	26.691	25.31	190	826.95	42.116	39.94	245	1061.57	54.065	51.27
300	7.620	138	605.13	30.819	228	989.05	50.372	302	1304.72	66.449	359	1547.87	78.832	
400	10.160	155	677.65	34.512	266	1151.15	58.628	359	1547.87	78.832	416	1791.02	91.216	
500	12.700	174	758.70	38.640	304	1313.25	66.883	416	1791.02	91.216				



Número de golpes	CBR (%) 0.1"	CBR (%) 0.2"	Densidad Seca (gr/cm³)	Expansión (%)
12	30.86	25.31	1.70	0.18
26	41.36	39.94	1.81	0.18
55	52.18	51.27	1.93	0.14



Penetración	0.1"	0.2"
CBR al 100 % de la MDS	52.89%	51.96%
CBR al 95 % de la MDS	44.67%	43.63%

Resultado del ensayo de CBR del tratamiento T7-03



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132, ASTM D1883-73 y AASHTO T193-63

DATOS GENERALES			DATOS DEL ENSAYO		
Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.03%		Densidad seca máxima: 1.96 g/cm ³		Peso del martillo: 6.76 kg
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.01%		Humedad óptima: 15.50%		Altura de caída del martillo: 45.50 cm
Repetición: 3	Adición de cemento IP: 0.50%		Número de capas: 5		Área del pistón: 19.63 cm ²

DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN

Molde:	J-16	J-17	J-18
Altura del molde (cm):	17.70	17.80	17.80
Altura del disco espaciador (cm):	5.00	5.00	5.00
Diámetro del molde (cm):	15.3	15.40	15.40
Altura de la muestra compactada (cm):	12.70	12.80	12.80
Volumen del molde (cm ³):	2334.94	2384.19	2384.19
Número de golpes por capa:	12	26	55
Peso del molde (g):	7160.00	7650.00	7700.00
Peso del molde + Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	11790.00	12670.00	12890.00
Peso del molde + Muestra compactada, después de la inmersión (g):	12005.00	12770.00	12915.00
Peso del agua absorbida (g):	215.00	100.00	25.00
Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	4630.00	5020.00	5190.00
Muestra compactada, después de la inmersión (g):	4845.00	5120.00	5215.00
Densidad húmeda (g/cm ³):	2.07	2.15	2.19

CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUÉS DE LA INMERSIÓN

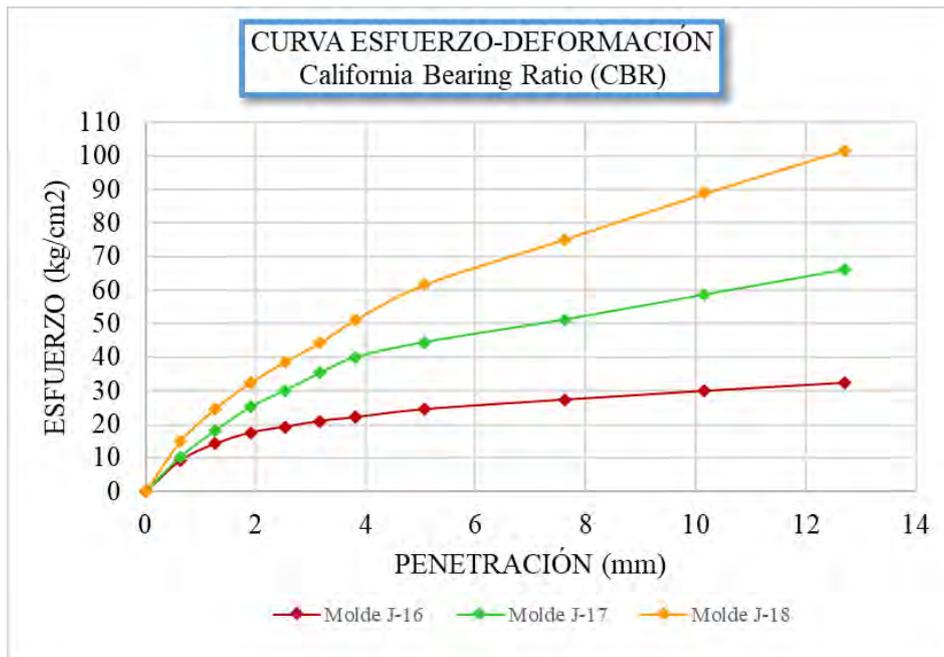
Molde:	J-16			J-17			J-18		
	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior
Peso de cápsula (g):	58.47	57.46	57.73	56.2	57.41	57.65	62.99	58.82	57.29
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	95.08	93.34	90.92	80.12	102.12	83.69	95.44	86.44	79.1
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	89.87	88.30	85.69	77.16	96.86	80.56	91.96	83.58	76.86
Peso del agua (g):	5.21	5.04	5.23	2.96	5.26	3.13	3.48	2.86	2.24
Muestra seca (g):	31.40	30.84	27.96	20.96	39.45	22.91	28.97	24.76	19.57
Contenido de humedad (%):	16.59	16.34	18.71	14.12	13.33	13.66	12.01	11.55	11.45
Humedad media (%)	17.21			13.71			11.67		
Densidad Seca (gr/cm ³):	1.77			1.89			1.96		

ENSAYO DE EXPANSIÓN

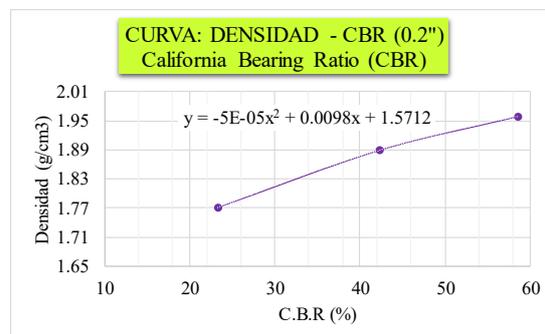
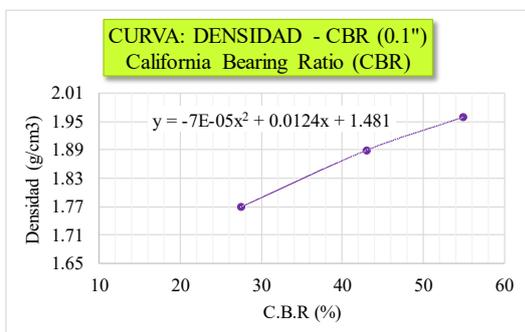
Hora y fecha de iniciación	Tiempo transcurrido (horas)	Molde J-16 (12 golpes)				Molde J-17 (26 golpes)				Molde J-18 (55 golpes)			
		Sobrecarga: 5595.00 g		Sobrecarga: 5315.00 g		Sobrecarga: 5195.00 g		Sobrecarga: 5195.00 g		Sobrecarga: 5195.00 g		Sobrecarga: 5195.00 g	
		Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)
12:16:00	24/03/2025	0	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0.00	
01:04:00	25/03/2025	24	7	0.178	0.14	6	0.152	0.12	5	0.127	0.10	0.10	
12:52:00	26/03/2025	48	8	0.203	0.16	7	0.178	0.14	6	0.152	0.12	0.12	
11:45:00	27/03/2025	72	11	0.279	0.22	9	0.229	0.18	7	0.178	0.14	0.14	
01:03:00	28/03/2025	96	11	0.279	0.22	10	0.254	0.20	9	0.229	0.18	0.18	

ENSAYO CARGA-PENETRACIÓN

Carga Unitaria Patrón (kg/cm ²)	Dial *0.001"	Penetración (mm)	Molde J-16 (12 golpes)				Molde J-17 (26 golpes)				Molde J-18 (55 golpes)			
			Sobrecarga: 2239.85 g				Sobrecarga: 2239.85 g				Sobrecarga: 2239.85 g			
			Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)
0	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	0.00	0	0.00	0.000	0.00		
25	0.635	39	182.81	9.311	44	204.14	10.397	65	293.72	14.959	14.959	14.959		
50	1.270	62	280.93	14.308	80	357.71	18.218	110	485.69	24.736	24.736	24.736		
75	1.905	77	344.91	17.566	112	494.22	25.170	145	634.99	32.340	32.340	32.340		
70.31	100	2.540	85	379.04	19.304	27.46	135	592.33	30.167	42.91	174	758.70	38.640	54.96
125	3.175	93	413.17	21.042	159	694.71	35.381	200	869.61	44.289	44.289	44.289		
150	3.810	98	434.50	22.129	180	784.29	39.944	231	1001.85	51.024	51.024	51.024		
105.46	200	5.080	109	481.42	24.519	23.25	201	873.87	44.506	42.20	280	1210.87	61.669	58.48
300	7.620	122	536.88	27.343	232	1006.11	51.241	342	1475.35	75.139	75.139	75.139		
400	10.160	134	588.06	29.950	266	1151.15	58.628	405	1744.10	88.826	88.826	88.826		
500	12.700	145	634.99	32.340	300	1296.19	66.014	464	1995.78	101.644	101.644	101.644		



Número de golpes	CBR (%) 0.1"	CBR (%) 0.2"	Densidad Seca (gr/cm ³)	Expansión (%)
12	27.46	23.25	1.77	0.22
26	42.91	42.20	1.89	0.20
55	54.96	58.48	1.96	0.18



Penetración	0.1"	0.2"
CBR al 100 % de la MDS	55.22%	58.83%
CBR al 95 % de la MDS	39.05%	37.33%

Resultado del ensayo de CBR del tratamiento T8-01



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132, ASTM D1883-73 y AASHTO T193-63

DATOS GENERALES			DATOS DEL ENSAYO		
Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.01%		Densidad seca máxima: 1.97 g/cm ³		Peso del martillo: 6.80 kg
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.01%		Humedad óptima: 14.70%		Altura de caída del martillo: 45.50 cm
Repetición: 1	Adición de cemento IP: 1.50%		Número de capas: 5		Área del pistón: 19.63 cm ²

DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN

	M3	M9	M21
Molde:			
Altura del molde (cm):	17.90	18.00	17.90
Altura del disco espaciador (cm):	5.00	5.00	5.00
Diámetro del molde (cm):	15.4	15.40	15.10
Altura de la muestra compactada (cm):	12.90	13.00	12.90
Volumen del molde (cm ³):	2402.82	2421.45	2310.11
Número de golpes por capa:	12	26	55
Peso del molde (g):	6725.00	6830.00	7610.00
Peso del molde + Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	11260.00	11740.00	12525.00
Peso del molde + Muestra compactada, después de la inmersión (g):	11595.00	11915.00	12620.00
Peso del agua absorbida (g):	335.00	175.00	95.00
Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	4535.00	4910.00	4915.00
Muestra compactada, después de la inmersión (g):	4870.00	5085.00	5010.00
Densidad húmeda (g/cm ³):	2.03	2.10	2.17

CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUÉS DE LA INMERSIÓN

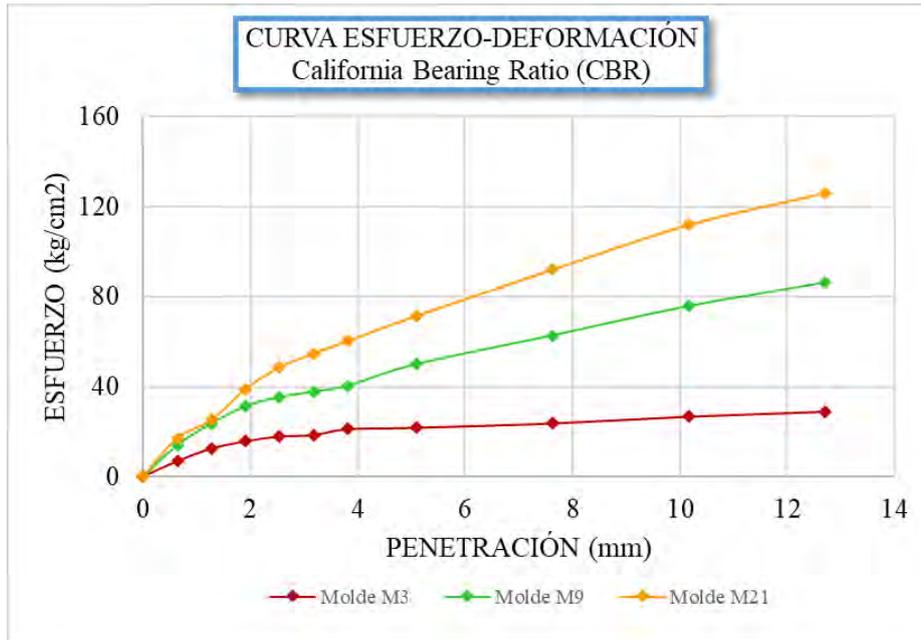
Molde:	M3			M9			M21		
	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior
Peso de cápsula (g):	57.67	59.04	54.6	54.94	54.5	51.69	58.66	63.33	57.72
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	95.56	88.05	86.18	92.72	96.84	81.92	85.17	97.9	81.37
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	88.90	82.83	80.13	87.57	91.22	77.85	82.21	94.41	78.91
Peso del agua (g):	6.66	5.22	6.05	5.15	5.62	4.07	2.96	3.49	2.46
Muestra seca (g):	31.23	23.79	25.53	32.63	36.72	26.16	23.55	31.08	21.19
Contenido de humedad (%):	21.33	21.94	23.70	15.78	15.31	15.56	12.57	11.23	11.61
Humedad media (%):	22.32			15.55			11.80		
Densidad Seca (gr/cm ³):	1.66			1.82			1.94		

ENSAYO DE EXPANSIÓN

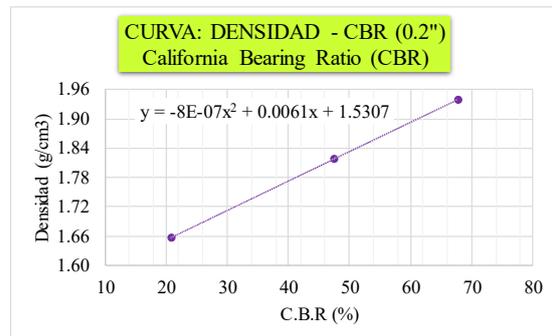
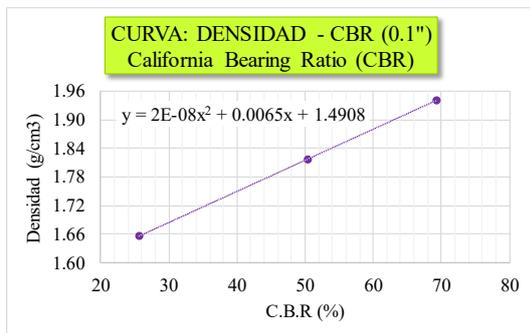
Hora y fecha de iniciación	Tiempo transcurrido (horas)	Molde M3 (12 golpes)				Molde M9 (26 golpes)				Molde M21 (55 golpes)			
		Sobrecarga: 5280.00 g		Sobrecarga: 5225.00 g		Sobrecarga: 5225.00 g		Sobrecarga: 5190.00 g					
		Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)
12:10:00	20/02/2025	0	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0.00	0.00
12:15:00	21/02/2025	24	1	0.025	0.02	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0.00	0.00
12:17:00	24/02/2025	48	2	0.051	0.04	1	0.025	0.02	0	0.000	0.00	0.00	0.00
12:11:00	25/02/2025	72	4	0.102	0.08	3	0.076	0.06	2	0.051	0.04	0.04	0.04
12:33:00	26/02/2025	96	4	0.102	0.08	3	0.076	0.06	2	0.051	0.04	0.04	0.04

ENSAYO CARGA-PENETRACIÓN

Carga Unitaria Patrón (kg/cm ²)	Dial *0.001"	Penetración (mm)	Molde M3 (12 golpes)				Molde M9 (26 golpes)				Molde M21 (55 golpes)			
			Sobrecarga: 2239.85 g		Sobrecarga: 2239.85 g		Sobrecarga: 2239.85 g							
			Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)
0	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	
25	0.635	28	135.89	6.921	60	272.40	13.873	75	336.38	17.132				
50	1.270	54	246.80	12.569	105	464.36	23.649	112	494.22	25.170				
75	1.905	69	310.79	15.828	140	613.66	31.253	175	762.96	38.857				
70.31	100	2.540	79	353.45	18.001	25.60	159	694.71	35.381	50.32	220	954.92	48.634	69.17
125	3.175	82	366.24	18.653	170	741.63	37.771	248	1074.37	54.717				
150	3.810	94	417.43	21.260	182	792.82	40.378	274	1185.28	60.366				
105.46	200	5.080	97	430.23	21.911	20.78	226	980.52	49.937	47.35	325	1402.83	71.446	67.75
300	7.620	106	468.62	23.867	285	1232.20	62.755	420	1808.08	92.085				
400	10.160	120	528.34	26.908	345	1488.15	75.791	512	2200.54	112.072				
500	12.700	130	571.00	29.081	393	1692.91	86.219	577	2477.81	126.194				



Número de golpes	CBR (%) 0.1"	CBR (%) 0.2"	Densidad Seca (gr/cm ³)	Expansión (%)
12	25.60	20.78	1.66	0.08
26	50.32	47.35	1.82	0.06
55	69.17	67.75	1.94	0.04



Penetración	0.1"	0.2"
CBR al 100 % de la MDS	73.82%	72.79%
CBR al 95 % de la MDS	58.65%	56.35%

Resultado del ensayo de CBR del tratamiento T8-02



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132, ASTM D1883-73 y AASHTO T193-63

DATOS GENERALES			DATOS DEL ENSAYO		
Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.01%		Densidad seca máxima: 1.97 g/cm ³		Peso del martillo: 6.78 kg
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.01%		Humedad óptima: 14.40%		Altura de caída del martillo: 45.50 cm
Repetición: 2	Adición de cemento IP: 1.50%		Número de capas: 5		Área del pistón: 19.63 cm ²

DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN

	H-40	H-41	H-42
Molde:			
Altura del molde (cm):	17.90	17.90	17.70
Altura del disco espaciador (cm):	5.00	5.00	5.00
Diámetro del molde (cm):	15.4	15.50	15.20
Altura de la muestra compactada (cm):	12.90	12.90	12.70
Volumen del molde (cm ³):	2402.82	2434.13	2304.52
Número de golpes por capa:	12	26	55
Peso del molde (g):	6600.00	6600.00	7170.00
Peso del molde + Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	11310.00	11595.00	12100.00
Peso del molde + Muestra compactada, después de la inmersión (g):	11530.00	11760.00	12175.00
Peso del agua absorbida (g):	220.00	165.00	75.00
Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	4710.00	4995.00	4930.00
Muestra compactada, después de la inmersión (g):	4930.00	5160.00	5005.00
Densidad húmeda (g/cm ³):	2.05	2.12	2.17

CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUÉS DE LA INMERSIÓN

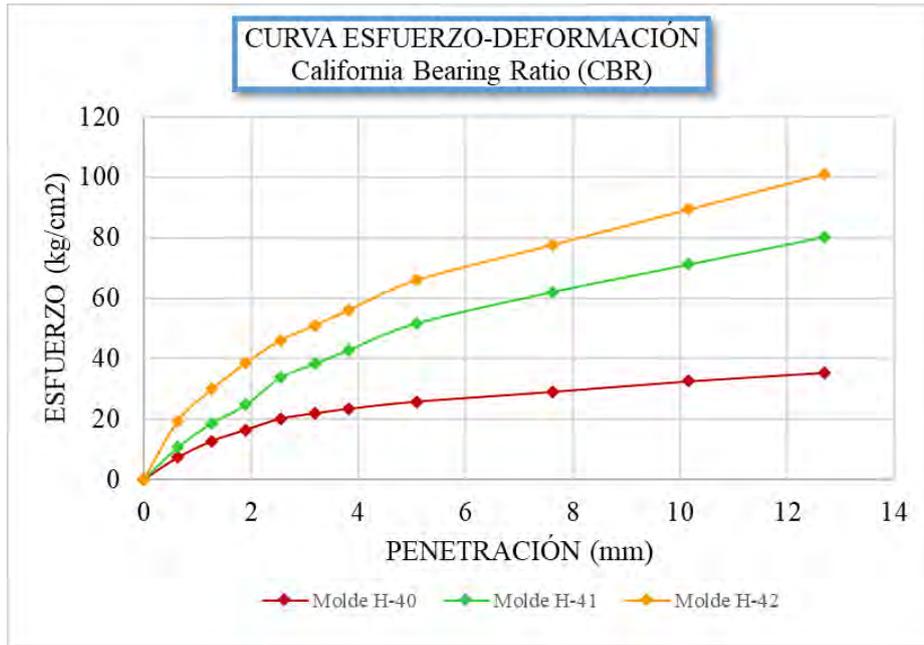
Molde:	H-40			H-41			H-42		
	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior
Peso de cápsula (g):	59.85	55.62	56.86	57.91	59.84	54.96	58.76	54.48	62
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	91.45	97.95	91.49	82.67	93.57	87.34	86.93	88.36	93.34
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	86.34	91.63	85.79	79.50	88.96	82.76	83.52	84.17	90.7
Peso del agua (g):	5.11	6.32	5.70	3.17	4.61	4.58	3.41	4.19	2.64
Muestra seca (g):	26.49	36.01	28.93	21.59	29.12	27.80	24.76	29.69	28.70
Contenido de humedad (%):	19.29	17.55	19.70	14.68	15.83	16.47	13.77	14.11	9.20
Humedad media (%)	18.85			15.66			12.36		
Densidad Seca (gr/cm ³):	1.73			1.83			1.93		

ENSAYO DE EXPANSIÓN

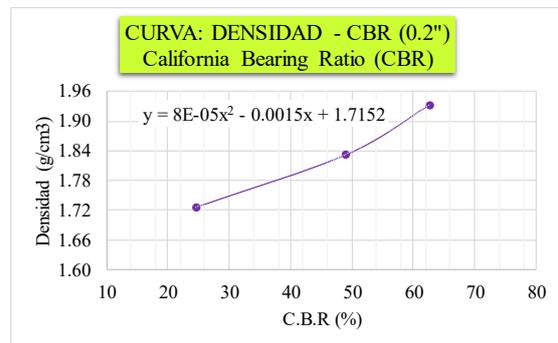
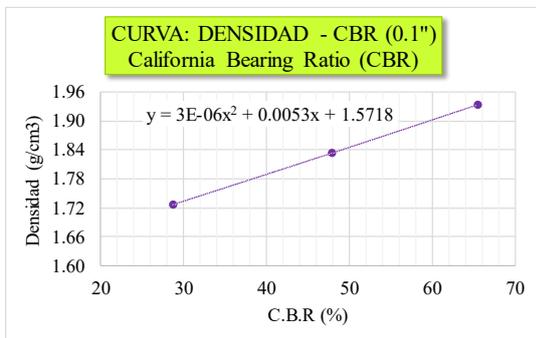
Hora y fecha de iniciación	Tiempo transcurrido (horas)	Molde H-40 (12 golpes)			Molde H-41 (26 golpes)			Molde H-42 (55 golpes)				
		Sobrecarga: 5220.00 g			Sobrecarga: 5215.00 g			Sobrecarga: 5200.00 g				
		Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	0.001"	Def. (mm)
12:26:00	03/03/2025	0	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0.00
12:03:00	04/03/2025	24	2	0.051	0.04	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0.00
10:10:00	05/03/2025	48	3	0.076	0.06	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0.00
10:33:00	06/03/2025	72	5	0.127	0.10	2	0.051	0.04	1	0.025	0.02	0.02
12:12:00	07/03/2025	96	5	0.127	0.10	3	0.076	0.06	2	0.051	0.04	0.04

ENSAYO CARGA-PENETRACIÓN

Carga Unitaria Patrón (kg/cm ²)	Dial *0.001"	Penetración (mm)	Molde H-40 (12 golpes)				Molde H-41 (26 golpes)				Molde H-42 (55 golpes)			
			Sobrecarga: 2239.85 g				Sobrecarga: 2239.85 g				Sobrecarga: 2239.85 g			
			Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)
	0	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	0.000		
	25	0.635	30	144.42	7.355	45	208.41	10.614	85	379.04	19.304	19.304		
	50	1.270	55	251.07	12.787	82	366.24	18.653	134	588.06	29.950	29.950		
	75	1.905	72	323.59	16.480	110	485.69	24.736	174	758.70	38.640	38.640		
	70.31	100	89	396.10	20.173	28.69	151	660.58	33.643	47.85	208	903.73	46.027	65.46
	125	3.175	97	430.23	21.911	172	750.17	38.206	231	1001.85	51.024	51.024		
	150	3.810	104	460.09	23.432	193	839.75	42.768	254	1099.96	56.021	56.021		
	105.46	200	115	507.01	25.822	24.49	234	1014.64	51.675	49.00	300	1296.19	66.014	62.60
	300	7.620	130	571.00	29.081	282	1219.40	62.104	354	1526.54	77.746	77.746		
	400	10.160	146	639.25	32.557	324	1398.57	71.228	408	1756.89	89.478	89.478		
	500	12.700	159	694.71	35.381	366	1577.73	80.353	462	1987.25	101.210	101.210		



Número de golpes	CBR (%) 0.1"	CBR (%) 0.2"	Densidad Seca (gr/cm ³)	Expansión (%)
12	28.69	24.49	1.73	0.10
26	47.85	49.00	1.83	0.06
55	65.46	62.60	1.93	0.04



Penetración	0.1"	0.2"
CBR al 100 % de la MDS	71.90%	66.83%
CBR al 95 % de la MDS	54.71%	54.75%

Resultado del ensayo de CBR del tratamiento T8-03



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132, ASTM D1883-73 y AASHTO T193-63

DATOS GENERALES			DATOS DEL ENSAYO		
Calicata: C-5	Adición de Proes: 0.01%		Densidad seca máxima: 1.95 g/cm ³		Peso del martillo: 6.78 kg
Tipo de suelo: A-4 (1)	Adición de Con-Aid: 0.01%		Humedad óptima: 15.20%		Altura de caída del martillo: 45.50 cm
Repetición: 3	Adición de cemento IP: 1.50%		Número de capas: 5		Área del pistón: 19.63 cm ²

DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN

Molde:	J-31	J-32	J-33
Altura del molde (cm):	17.70	17.70	17.70
Altura del disco espaciador (cm):	5.00	5.00	5.00
Diámetro del molde (cm):	15.5	15.50	15.20
Altura de la muestra compactada (cm):	12.70	12.70	12.70
Volumen del molde (cm ³):	2396.39	2396.39	2304.52
Número de golpes por capa:	12	26	55
Peso del molde (g):	6825.00	6825.00	7395.00
Peso del molde + Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	11535.00	11820.00	12325.00
Peso del molde + Muestra compactada, después de la inmersión (g):	11745.00	11945.00	12400.00
Peso del agua absorbida (g):	210.00	125.00	75.00
Muestra compactada, antes de la inmersión (g):	4710.00	4995.00	4930.00
Muestra compactada, después de la inmersión (g):	4920.00	5120.00	5005.00
Densidad húmeda (g/cm ³):	2.05	2.14	2.17

CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUÉS DE LA INMERSIÓN

Molde:	J-31			J-32			J-33		
	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior	Superior	medio	Inferior
Peso de cápsula (g):	61.97	57.74	58.98	60.03	61.96	57.08	60.88	56.6	64.12
Peso de cápsula + Muestra húmeda (g):	93.57	100.07	93.61	84.79	95.69	89.46	89.05	90.48	95.46
Peso de cápsula + Muestra seca (g):	88.17	93.15	87.54	81.46	90.85	84.58	85.44	86.44	91.71
Peso del agua (g):	5.40	6.92	6.07	3.33	4.84	4.88	3.61	4.04	3.75
Muestra seca (g):	26.20	35.41	28.56	21.43	28.89	27.50	24.56	29.84	27.59
Contenido de humedad (%):	20.61	19.54	21.25	15.54	16.75	17.75	14.70	13.54	13.59
Humedad media (%):	20.47			16.68			13.94		
Densidad Seca (gr/cm ³):	1.70			1.83			1.91		

ENSAYO DE EXPANSIÓN

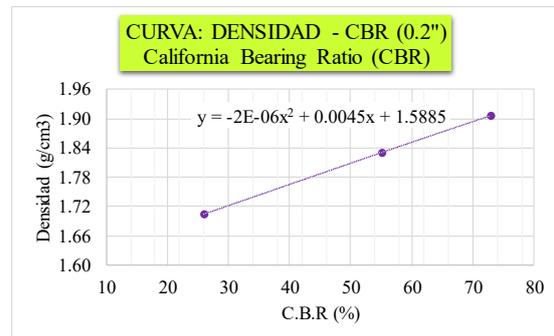
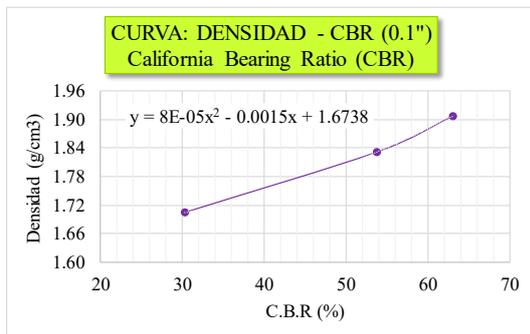
Hora y fecha de iniciación	Tiempo transcurrido (horas)	Molde J-31 (12 golpes)				Molde J-32 (26 golpes)				Molde J-33 (55 golpes)			
		Sobrecarga: 5220.00 g		Sobrecarga: 5220.00 g		Sobrecarga: 5215.00 g		Sobrecarga: 5215.00 g		Sobrecarga: 5200.00 g		Sobrecarga: 5200.00 g	
		Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)	Dial	0.001"	Def. (mm)	%=S/H(100)
12:14:00	24/03/2025	0	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0.00	
01:00:00	25/03/2025	24	2	0.051	0.04	1	0.025	0.02	0	0.000	0.00	0.00	
12:42:00	26/03/2025	48	4	0.102	0.08	3	0.076	0.06	2	0.051	0.04	0.04	
11:47:00	27/03/2025	72	5	0.127	0.10	4	0.102	0.08	4	0.102	0.08	0.08	
01:10:00	28/03/2025	96	7	0.178	0.14	6	0.152	0.12	5	0.127	0.10	0.10	

ENSAYO CARGA-PENETRACIÓN

Carga Unitaria Patrón (kg/cm ²)	Dial *0.001"	Penetración (mm)	Molde J-31 (12 golpes)				Molde J-32 (26 golpes)				Molde J-33 (55 golpes)			
			Sobrecarga: 2239.85 g		Sobrecarga: 2239.85 g		Sobrecarga: 2239.85 g		Sobrecarga: 2239.85 g		Sobrecarga: 2239.85 g		Sobrecarga: 2239.85 g	
			Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)	Dial	Fuerza (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	CBR (%)
0	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	
25	0.635	43	199.88	10.180	62	280.93	14.308	60	272.40	13.873	60	272.40	13.873	
50	1.270	64	289.46	14.742	109	481.42	24.519	100	443.03	22.563	100	443.03	22.563	
75	1.905	83	370.51	18.870	147	643.52	32.774	140	613.66	31.253	140	613.66	31.253	
70.31	100	2.540	94	417.43	21.260	30.24	170	741.63	37.771	53.72	200	869.61	44.289	62.99
125	3.175	102	451.56	22.998	190	826.95	42.116	234	1014.64	51.675	234	1014.64	51.675	
150	3.810	109	481.42	24.519	214	929.33	47.330	265	1146.88	58.410	265	1146.88	58.410	
105.46	200	5.080	122	536.88	27.343	25.93	264	1142.62	58.193	55.18	350	1509.48	76.877	72.90
300	7.620	137	600.86	30.602	310	1338.85	68.187	450	1936.06	98.603	450	1936.06	98.603	
400	10.160	153	669.12	34.078	375	1616.12	82.308	542	2328.51	118.590	542	2328.51	118.590	
500	12.700	166	724.57	36.902	412	1773.96	90.347	620	2661.24	135.536	620	2661.24	135.536	



Número de golpes	CBR (%)	CBR (%)	Densidad Seca (gr/cm ³)	Expansión (%)
	0.1"	0.2"		
12	30.24	25.93	1.70	0.14
26	53.72	55.18	1.83	0.12
55	62.99	72.90	1.91	0.10



Penetración	0.1"	0.2"
CBR al 100 % de la MDS	67.71%	83.44%
CBR al 95 % de la MDS	56.51%	60.19%

Anexo E. Resultados del ensayo de compresión no confinada con tratamientos individuales y combinadas

Resultados al esfuerzo de suelo natural -T0



“INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024”



COMPRESIÓN NO CONFINADA

MTC E 132 - 2000, ASTM D-1883 y AASHTO T - 193

DATOS GENERALES:

Adición de Proes: 0.00 %
Adición de Con-Aid: 0.00 %
Adición de cemento IP: 0.00 %

Calicata: C-5
Tipo de suelo: A-4 (1)

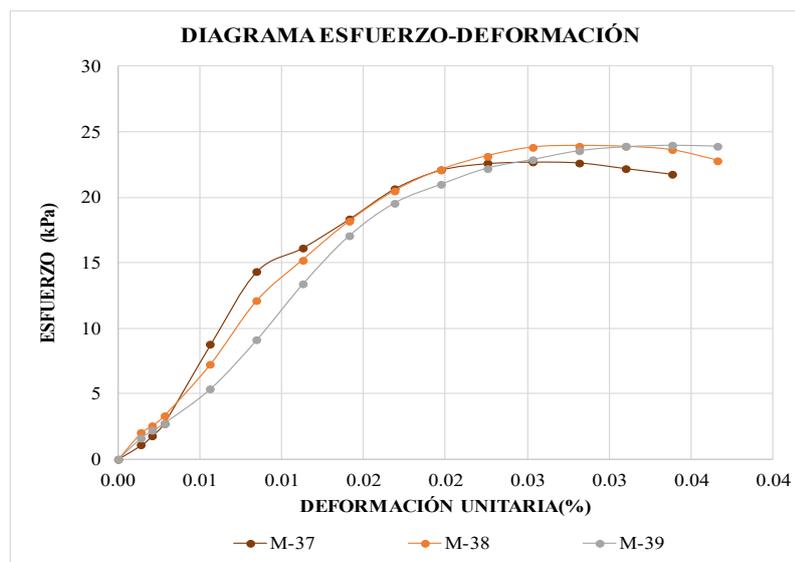
DATOS DE ENSAYO:

DIMENSIONES DE LA MUESTRA						DENSIDAD DE MUESTRAS									
	M-37	M-38	M-39												
Diámetro:	33.41 mm	33.41 mm	33.41 mm							Peso:	127.63 g	128.48 g	128.74 g		
Altura L_0 :	70.94 mm	70.94 mm	70.94 mm							Peso Unitario húmedo:	2.05 g/cm ³	2.07 g/cm ³	2.07 g/cm ³		
Área:	8.77 cm ²	8.77 cm ²	8.77 cm ²							Humedad:	16.51%	16.51%	16.51%		
Volumen:	62.2 cm ³	62.2 cm ³	62.2 cm ³							Peso Unitario seco:	1.76 g/cm ³	1.77 g/cm ³	1.78 g/cm ³		

DEFORMIMETRO DE LONGITUD	DEFORMIMETRO DE CARGA			CARGA TOTAL SOBRE LA MUESTRA (kg)			DEFORMACIÓN DE LA MUESTRA (ΔL) (mm)	DEFORMACIÓN UNITARIA ($\Delta L/L_0$)	FACTOR DE CORRECCIÓN DE ÁREA ($1-\Delta L/L_0$)	ÁREA CORREGIDA A' (cm ²)			ESFUERZO SOBRE LA MUESTRA (kPa)		
*0.01 mm	M-37	M-38	M-39	M-37	M-38	M-39	mm			M-37	M-38	M-39	M-37	M-38	M-39
0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.000	1.000	70.94	70.94	70.94	0.00	0.00	0.00
10	6	11	9	0.76	1.45	1.17	0.10	0.001	0.999	71.04	71.04	71.04	1.06	2.00	1.62
15	10	14	12	1.31	1.86	1.58	0.15	0.002	0.998	71.09	71.09	71.09	1.81	2.56	2.18
20	15	18	15	1.99	2.40	1.99	0.20	0.003	0.997	71.14	71.14	71.14	2.75	3.31	2.75
40	47	39	29	6.35	5.26	3.90	0.40	0.006	0.994	71.34	71.34	71.34	8.73	7.23	5.36
60	77	65	49	10.44	8.81	6.63	0.60	0.008	0.992	71.55	71.55	71.55	14.31	12.07	9.08
80	87	82	72	11.80	11.12	9.76	0.80	0.011	0.989	71.75	71.75	71.75	16.13	15.20	13.34
100	99	98	92	13.44	13.30	12.49	1.00	0.014	0.986	71.95	71.95	71.95	18.32	18.13	17.02
120	112	111	106	15.21	15.08	14.39	1.20	0.017	0.983	72.16	72.16	72.16	20.67	20.49	19.56
140	120	120	114	16.30	16.30	15.48	1.40	0.020	0.980	72.37	72.37	72.37	22.09	22.09	20.98
160	123	126	121	16.71	17.12	16.44	1.60	0.023	0.977	72.58	72.58	72.58	22.58	23.13	22.21
180	124	130	125	16.85	17.66	16.98	1.80	0.025	0.975	72.79	72.79	72.79	22.70	23.80	22.88
200	124	131	129	16.85	17.80	17.53	2.00	0.028	0.972	73.00	73.00	73.00	22.63	23.91	23.55
220	122	131	131	16.57	17.80	17.80	2.20	0.031	0.969	73.21	73.21	73.21	22.20	23.84	23.84
240	120	130	132	16.30	17.66	17.94	2.40	0.034	0.966	73.42	73.42	73.42	21.77	23.59	23.96
260		126	132	-0.05	17.12	17.94	2.60	0.037	0.963	73.64	73.64	73.64		22.80	23.89

Nota: La carga total sobre la muestra se calculó a partir de las lecturas del deformímetro de carga (Divisiones), aplicando la ecuación de calibración del anillo de carga: $P[g]=136.29 \cdot Div-52.804$.

Los valores fueron posteriormente convertidos a kilogramos (1 kg = 1000 g).



MUESTRAS	M-37	M-38	M-39	PROMEDIO
qu (kPa)	22.70	23.91	23.96	23.52
C (kPa)	11.35	11.96	11.98	11.76

Resultados al esfuerzo de suelo natural -TP1



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING
RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO
PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



COMPRESIÓN NO CONFINADA

MTC E 132 - 2000, ASTM D-1883 y AASHTO T - 193

DATOS GENERALES:

Adición de Proes: 0.00 %	Calicata: C-5
Adición de Con-Aid: 0.00 %	Tipo de suelo: A-4 (1)
Adición de cemento IP: 0.50 %	

DATOS DE ENSAYO:

DIMENSIONES DE LA MUESTRA

	M-28	M-29	M-30
Diámetro:	33.41 mm	33.41 mm	33.41 mm
Altura L ₀ :	70.94 mm	70.94 mm	70.94 mm
Área:	8.77 cm ²	8.77 cm ²	8.77 cm ²
Volumen:	62.2 cm ³	62.2 cm ³	62.2 cm ³

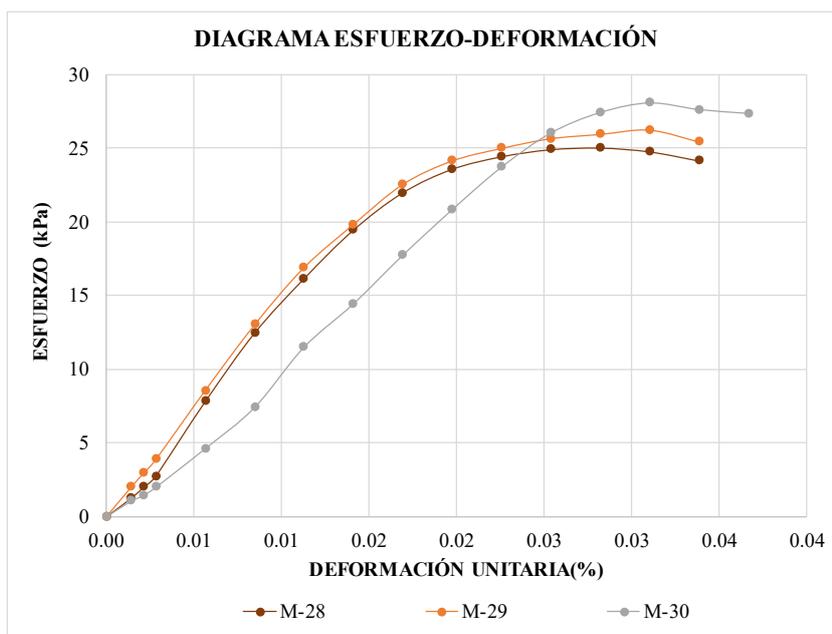
DENSIDAD DE MUESTRAS

	M-28	M-29	M-30
Peso:	128.65 g	123.47 g	128.19 g
Peso Unitario húmedo:	2.07 g/cm ³	1.99 g/cm ³	2.06 g/cm ³
Humedad:	14.52%	14.52%	14.52%
Peso Unitario seco:	1.81 g/cm ³	1.73 g/cm ³	1.80 g/cm ³

*0.01 mm	DEFORMÍMETRO DE CARGA			CARGA TOTAL SOBRE LA MUESTRA (kg)			DEFORMACIÓN DE LA MUESTRA (ΔL)	DEFORMACIÓN UNITARIA ΔL/L ₀	FACTOR DE CORRECCIÓN DE ÁREA 1-ΔL/L ₀	ÁREA CORREGIDA A' (cm ²)			ESFUERZO SOBRE LA MUESTRA kPa		
	M-28	M-29	M-30	M-28	M-29	M-30	mm			M-28	M-29	M-30	M-28	M-29	M-30
0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.000	1.000	70.94	70.94	70.94	0.00	0.00	0.00
10	7	11	6	0.90	1.45	0.76	0.10	0.001	0.999	71.04	71.04	71.04	1.24	2.00	1.06
15	11	16	8	1.45	2.13	1.04	0.15	0.002	0.998	71.09	71.09	71.09	2.00	2.94	1.43
20	15	21	11	1.99	2.81	1.45	0.20	0.003	0.997	71.14	71.14	71.14	2.75	3.87	1.99
40	42	46	25	5.67	6.22	3.35	0.40	0.006	0.994	71.34	71.34	71.34	7.80	8.55	4.61
60	67	70	40	9.08	9.49	5.40	0.60	0.008	0.992	71.55	71.55	71.55	12.44	13.00	7.40
80	87	91	62	11.80	12.35	8.40	0.80	0.011	0.989	71.75	71.75	71.75	16.13	16.88	11.48
100	105	107	78	14.26	14.53	10.58	1.00	0.014	0.986	71.95	71.95	71.95	19.43	19.80	14.42
120	119	122	96	16.17	16.57	13.03	1.20	0.017	0.983	72.16	72.16	72.16	21.97	22.52	17.71
140	128	131	113	17.39	17.80	15.35	1.40	0.020	0.980	72.37	72.37	72.37	23.57	24.12	20.80
160	133	136	129	18.07	18.48	17.53	1.60	0.023	0.977	72.58	72.58	72.58	24.42	24.97	23.68
180	136	140	142	18.48	19.03	19.30	1.80	0.025	0.975	72.79	72.79	72.79	24.90	25.64	26.00
200	137	142	150	18.62	19.30	20.39	2.00	0.028	0.972	73.00	73.00	73.00	25.01	25.93	27.39
220	136	144	154	18.48	19.57	20.94	2.20	0.031	0.969	73.21	73.21	73.21	24.76	26.22	28.04
240	133	140	152	18.07	19.03	20.66	2.40	0.034	0.966	73.42	73.42	73.42	24.14	25.41	27.60
260		151				20.53	2.60	0.037	0.963	73.64	73.64	73.64			27.34

Nota: La carga total sobre la muestra se calculó a partir de las lecturas del deformímetro de carga (Divisiones), aplicando la ecuación de calibración del anillo de carga: $P[g]=136.29 \cdot Div-52.804$.

Los valores fueron posteriormente convertidos a kilogramos (1 kg = 1000 g).



MUESTRAS	M-28	M-29	M-30	PROMEDIO
qu (kPa)	25.01	26.22	28.04	26.43
C (kPa)	12.51	13.11	14.02	13.21

Resultados al esfuerzo de suelo natural -TP2



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING
RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO
PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



COMPRESIÓN NO CONFINADA

MTC E 132 - 2000, ASTM D-1883 y AASHTO T - 193

DATOS GENERALES:

Adición de Proes: 0.00 %	Calicata: C-5
Adición de Con-Aid: 0.00 %	Tipo de suelo: A-4 (1)
Adición de cemento IP: 1.50 %	

DATOS DE ENSAYO:

DIMENSIONES DE LA MUESTRA

	M-34	M-35	M-36
Diámetro:	33.41 mm	33.41 mm	33.41 mm
Altura L_0 :	70.94 mm	70.94 mm	70.94 mm
Área:	8.77 cm ²	8.77 cm ²	8.77 cm ²
Volumen:	62.2 cm ³	62.2 cm ³	62.2 cm ³

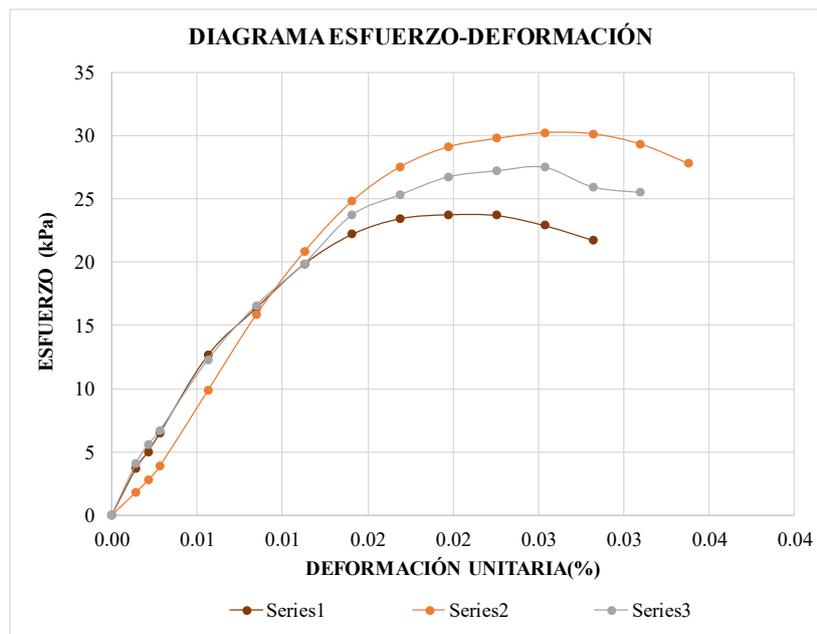
DENSIDAD DE MUESTRAS

	M-34	M-35	M-36
Peso:	125.63 g	126.18 g	127.44 g
Peso Unitario húmedo:	2.02 g/cm ³	2.03 g/cm ³	2.05 g/cm ³
Humedad:	14.62%	14.62%	14.62%
Peso Unitario seco:	1.76 g/cm ³	1.77 g/cm ³	1.79 g/cm ³

DEFORMIMÉ TRO DE LONGITUD	DEFORMIMÉTRO DE CARGA			CARGA TOTAL SOBRE LA MUESTRA (kg)			DEFORMA CIÓN DE LA MUESTRA (ΔL)	DEFORMA CIÓN UNITARIA	FACTOR DE CORREC CIÓN DE ÁREA	ÁREA CORREGIDA A' (cm ²)		ESFUERZO SOBRE LA MUESTRA (kPa)			
	M-34	M-35	M-36	M-34	M-35	M-36	mm	$\Delta L/L_0$	$1-\Delta L/L_0$	M-34	M-35	M-34	M-35	M-36	
*0.01 mm	0	0	0	0	0	0	0.00	0.000	1.000	70.94	70.94	70.94	0.00	0.00	0.00
10	20	10	22	2.67	1.31	2.95	0.10	0.001	0.999	71.04	71.04	71.04	3.69	1.81	4.07
15	27	15	30	3.63	1.99	4.04	0.15	0.002	0.998	71.09	71.09	71.09	5.00	2.75	5.57
20	35	21	36	4.72	2.81	4.85	0.20	0.003	0.997	71.14	71.14	71.14	6.50	3.87	6.69
40	68	53	66	9.21	7.17	8.94	0.40	0.006	0.994	71.34	71.34	71.34	12.67	9.86	12.29
60	88	85	89	11.94	11.53	12.08	0.60	0.008	0.992	71.55	71.55	71.55	16.37	15.81	16.55
80	107	112	107	14.53	15.21	14.53	0.80	0.011	0.989	71.75	71.75	71.75	19.86	20.79	19.86
100	120	134	128	16.30	18.21	17.39	1.00	0.014	0.986	71.95	71.95	71.95	22.22	24.82	23.70
120	127	149	137	17.26	20.25	18.62	1.20	0.017	0.983	72.16	72.16	72.16	23.45	27.53	25.30
140	129	158	145	17.53	21.48	19.71	1.40	0.020	0.980	72.37	72.37	72.37	23.75	29.11	26.71
160	129	162	148	17.53	22.03	20.12	1.60	0.023	0.977	72.58	72.58	72.58	23.68	29.76	27.18
180	125	165	150	16.98	22.44	20.39	1.80	0.025	0.975	72.79	72.79	72.79	22.88	30.23	27.47
200	119	165	142	16.17	22.44	19.30	2.00	0.028	0.972	73.00	73.00	73.00	21.72	30.14	25.93
220	161	140	140	-0.05	21.89	19.03	2.20	0.031	0.969	73.21	73.21	73.21	29.32	25.49	
240	153			-0.05	20.80	-0.05	2.40	0.034	0.966	73.42	73.42	73.42		27.78	
260				-0.05	-0.05	-0.05	2.60	0.037	0.963	73.64	73.64	73.64			

Nota: La carga total sobre la muestra se calculó a partir de las lecturas del deformímetro de carga (Divisiones), aplicando la ecuación de calibración del anillo de carga: $P[g]=136.29 \cdot Div-52.804$.

Los valores fueron posteriormente convertidos a kilogramos (1 kg = 1000 g).



MUESTRAS	M-34	M-35	M-36	PROMEDIO
qu (kPa)	23.75	30.23	27.47	27.15
C (kPa)	11.88	15.11	13.74	13.58

Resultados al esfuerzo de suelo natural -TP3



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING
RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO
PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



COMPRESIÓN NO CONFINADA

MTC E 132 - 2000, ASTM D-1883 y AASHTO T - 193

DATOS GENERALES:

Adición de Proes: 0.01 %
Adición de Con-Aid: 0.00 %
Adición de cemento IP: 1.50 %

Calicata: C-5
Tipo de suelo: A-4 (1)

DATOS DE ENSAYO:

DIMENSIONES DE LA MUESTRA

	M-25	M-26	M-27
Diámetro:	33.41 mm	33.41 mm	33.41 mm
Altura L ₀ :	70.94 mm	70.94 mm	70.94 mm
Área:	8.77 cm ²	8.77 cm ²	8.77 cm ²
Volumen:	62.2 cm ³	62.2 cm ³	62.2 cm ³

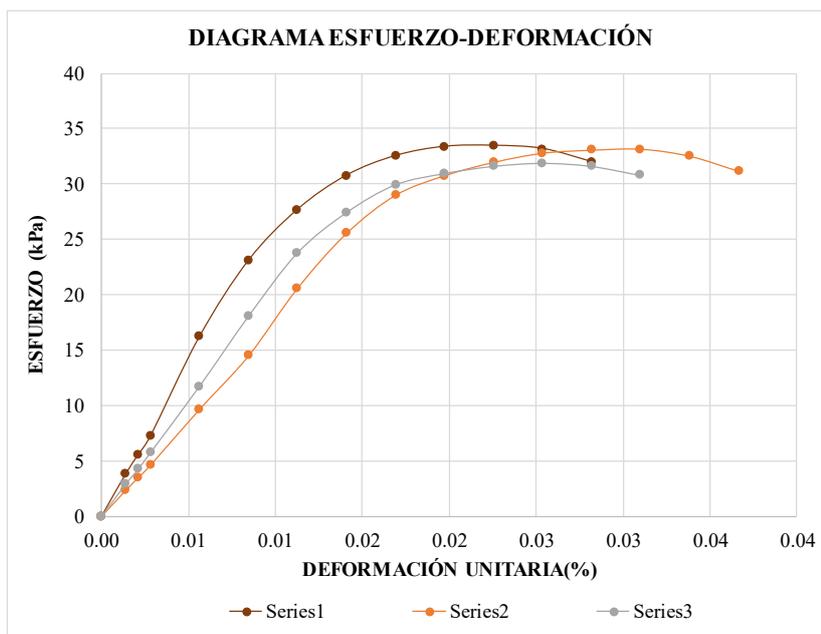
DENSIDAD DE MUESTRAS

	M-25	M-26	M-27
Peso:	125.54 g	126.15 g	127.13 g
Peso Unitario húmedo:	2.02 g/cm ³	2.03 g/cm ³	2.04 g/cm ³
Humedad:	14.83%	14.83%	14.83%
Peso Unitario seco:	1.76 g/cm ³	1.77 g/cm ³	1.78 g/cm ³

DEFORMIMÉ TRO DE LONGITUD	DEFORMIMÉTRO DE CARGA			CARGA TOTAL SOBRE LA MUESTRA (kg)			DEFORMACIÓN DE LA MUESTRA (ΔL)	DEFORMACIÓN UNITARIA	FACTOR DE CORRECCIÓN DE ÁREA	ÁREA CORREGIDA A'		ESFUERZO SOBRE LA MUESTRA			
	M-25	M-26	M-27	M-25	M-26	M-27	mm	ΔL/L ₀	1-ΔL/L ₀	M-25	M-26	M-25	M-26	M-27	
0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.000	1.000	70.94	70.94	70.94	0.00	0.00	0.00
10	21	13	16	2.81	1.72	2.13	0.10	0.001	0.999	71.04	71.04	71.04	3.88	2.37	2.94
15	30	19	23	4.04	2.54	3.08	0.15	0.002	0.998	71.09	71.09	71.09	5.57	3.50	4.25
20	39	25	31	5.26	3.35	4.17	0.20	0.003	0.997	71.14	71.14	71.14	7.25	4.62	5.75
40	87	52	63	11.80	7.03	8.53	0.40	0.006	0.994	71.34	71.34	71.34	16.23	9.67	11.73
60	124	78	97	16.85	10.58	13.17	0.60	0.008	0.992	71.55	71.55	71.55	23.09	14.50	18.05
80	149	111	128	20.25	15.08	17.39	0.80	0.011	0.989	71.75	71.75	71.75	27.68	20.60	23.77
100	166	138	148	22.57	18.76	20.12	1.00	0.014	0.986	71.95	71.95	71.95	30.76	25.56	27.42
120	176	157	162	23.93	21.34	22.03	1.20	0.017	0.983	72.16	72.16	72.16	32.53	29.01	29.93
140	181	167	168	24.62	22.71	22.84	1.40	0.020	0.980	72.37	72.37	72.37	33.36	30.77	30.96
160	182	174	172	24.75	23.66	23.39	1.60	0.023	0.977	72.58	72.58	72.58	33.45	31.97	31.60
180	181	179	174	24.62	24.34	23.66	1.80	0.025	0.975	72.79	72.79	72.79	33.16	32.80	31.88
200	175	181	173	23.80	24.62	23.53	2.00	0.028	0.972	73.00	73.00	73.00	31.97	33.07	31.60
220	182	169	169	-0.05	24.75	22.98	2.20	0.031	0.969	73.21	73.21	73.21	33.16	30.78	
240	179			-0.05	24.34	-0.05	2.40	0.034	0.966	73.42	73.42	73.42	32.51		
260	172			-0.05	23.39	-0.05	2.60	0.037	0.963	73.64	73.64	73.64	31.15		

Nota: La carga total sobre la muestra se calculó a partir de las lecturas del deformímetro de carga (Divisiones), aplicando la ecuación de calibración del anillo de carga: $P[g]=136.29 \cdot Div-52.804$.

Los valores fueron posteriormente convertidos a kilogramos (1 kg = 1000 g).



MUESTRAS	M-25	M-26	M-27	PROMEDIO
qu (kPa)	33.45	33.16	31.88	32.83
C (kPa)	16.72	16.58	15.94	16.41

Resultados al esfuerzo de suelo natural -TP4



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING
RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO
PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



COMPRESIÓN NO CONFINADA

MTC E 132 - 2000, ASTM D-1883 y AASHTO T - 193

DATOS GENERALES:

Adición de Proes: 0.03 %	Calicata: C-5
Adición de Con-Aid: 0.00 %	Tipo de suelo: A-4 (1)
Adición de cemento IP: 1.50 %	

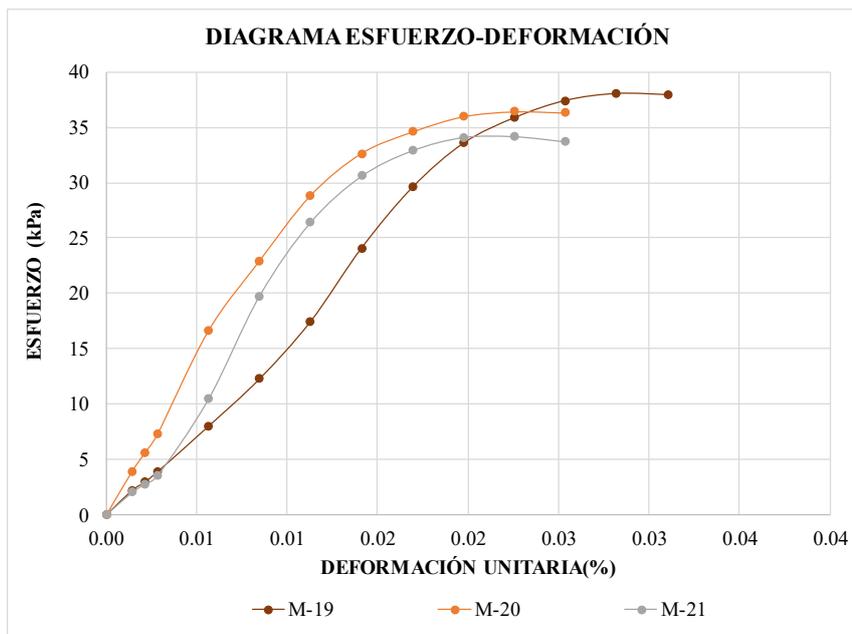
DATOS DE ENSAYO:

DIMENSIONES DE LA MUESTRA							DENSIDAD DE MUESTRAS								
	M-19	M-20	M-21		M-19	M-20	M-21		M-19	M-20	M-21		M-19	M-20	M-21
Diámetro:	33.41 mm	33.41 mm	33.41 mm		Peso:	126.60 g	126.16 g	124.80 g							
Altura L ₀ :	70.94 mm	70.94 mm	70.94 mm		Peso Unitario húmedo:	2.04 g/cm ³	2.03 g/cm ³	2.01 g/cm ³							
Área:	8.77 cm ²	8.77 cm ²	8.77 cm ²		Humedad:	14.45%	14.45%	14.45%							
Volumen:	62.2 cm ³	62.2 cm ³	62.2 cm ³		Peso Unitario seco:	1.78 g/cm ³	1.77 g/cm ³	1.75 g/cm ³							

DEFORMÍMETRO DE LONGITUD	DEFORMÍMETRO DE CARGA			CARGA TOTAL SOBRE LA MUESTRA (kg)			DEFORMACIÓN DE LA MUESTRA (ΔL)	DEFORMACIÓN UNITARIA	FACTOR DE CORRECCIÓN DE ÁREA	ÁREA CORREGIDA A' (cm ²)		ESFUERZO SOBRE LA MUESTRA (kPa)			
	M-19	M-20	M-21	M-19	M-20	M-21	mm	ΔL/L ₀	1-ΔL/L ₀	M-19	M-20	M-19	M-20	M-21	
*0.01 mm	0	0	0	0	0	0	0.00	0.000	1.000	70.94	70.94	70.94	0.00	0.00	0.00
10	12	21	11	1.58	2.81	1.45	0.10	0.001	0.999	71.04	71.04	71.04	2.18	3.88	2.00
15	16	30	15	2.13	4.04	1.99	0.15	0.002	0.998	71.09	71.09	71.09	2.94	5.57	2.75
20	21	39	19	2.81	5.26	2.54	0.20	0.003	0.997	71.14	71.14	71.14	3.87	7.25	3.50
40	43	89	56	5.81	12.08	7.58	0.40	0.006	0.994	71.34	71.34	71.34	7.98	16.60	10.42
60	66	123	106	8.94	16.71	14.39	0.60	0.008	0.992	71.55	71.55	71.55	12.26	22.91	19.73
80	94	155	142	12.76	21.07	19.30	0.80	0.011	0.989	71.75	71.75	71.75	17.44	28.80	26.38
100	130	176	165	17.66	23.93	22.44	1.00	0.014	0.986	71.95	71.95	71.95	24.08	32.62	30.58
120	160	187	178	21.75	25.43	24.21	1.20	0.017	0.983	72.16	72.16	72.16	29.56	34.56	32.90
140	182	195	185	24.75	26.52	25.16	1.40	0.020	0.980	72.37	72.37	72.37	33.54	35.94	34.10
160	195	198	186	26.52	26.93	25.30	1.60	0.023	0.977	72.58	72.58	72.58	35.84	36.39	34.18
180	204	198	184	27.75	26.93	25.02	1.80	0.025	0.975	72.79	72.79	72.79	37.39	36.29	33.72
200	208			28.30			2.00	0.028	0.972	73.00	73.00	73.00	38.01		
220	208			28.30			2.20	0.031	0.969	73.21	73.21	73.21	37.90		
240							2.40	0.034	0.966	73.42	73.42	73.42			
260							2.60	0.037	0.963	73.64	73.64	73.64			

Nota: La carga total sobre la muestra se calculó a partir de las lecturas del deformímetro de carga (Divisiones), aplicando la ecuación de calibración del anillo de carga: $P[g]=136.29 \cdot Div-52.804$.

Los valores fueron posteriormente convertidos a kilogramos (1 kg = 1000 g).



MUESTRAS	M-19	M-20	M-21	PROMEDIO
qu (kPa)	38.01	36.39	34.18	36.20
C (kPa)	19.01	18.20	17.09	18.10

Resultados al esfuerzo de suelo natural -TP5



“INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING
RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO
PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024”



COMPRESIÓN NO CONFINADA

MTC E 132 - 2000, ASTM D-1883 y AASHTO T - 193

DATOS GENERALES:

Adición de Proes: 0.00 %	Calicata: C-5
Adición de Con-Aid: 0.01 %	Tipo de suelo: A-4 (1)
Adición de cemento IP: 1.50 %	

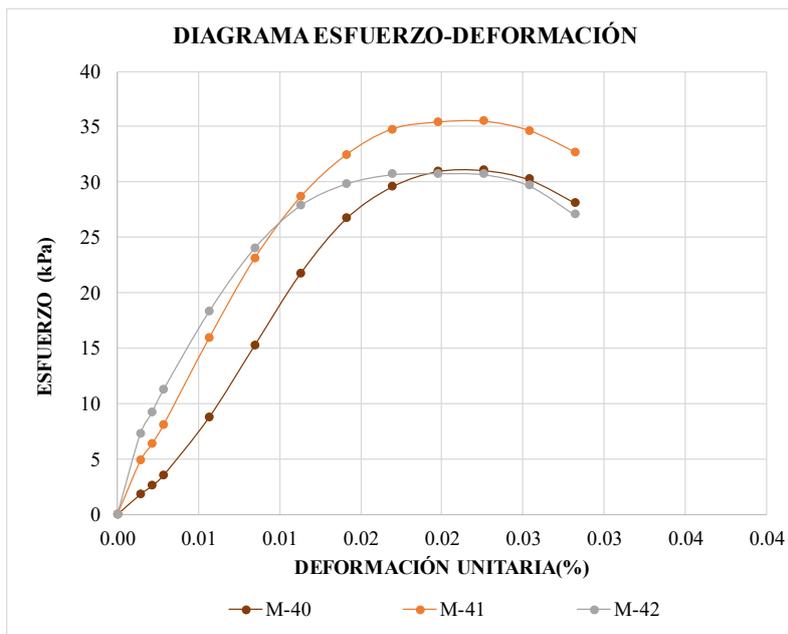
DATOS DE ENSAYO:

DIMENSIONES DE LA MUESTRA						DENSIDAD DE MUESTRAS							
	M-40	M-41	M-42			M-40	M-41	M-42					
Diámetro:	33.41 mm	33.41 mm	33.41 mm			Peso:	127.62 g	128.37 g	126.69 g				
Altura L ₀ :	70.94 mm	70.94 mm	70.94 mm			Peso Unitario húmedo:	2.05 g/cm ³	2.06 g/cm ³	2.04 g/cm ³				
Área:	8.77 cm ²	8.77 cm ²	8.77 cm ²			Humedad:	15.23%	15.23%	15.23%				
Volumen:	62.2 cm ³	62.2 cm ³	62.2 cm ³			Peso Unitario seco:	1.78 g/cm ³	1.79 g/cm ³	1.77 g/cm ³				

*0.01 mm	DEFORMÍMETRO DE CARGA			CARGA TOTAL SOBRE LA MUESTRA (kg)			DEFORMACIÓN DE LA MUESTRA (ΔL)	DEFORMACIÓN UNITARIA	FACTOR DE CORRECCIÓN DE ÁREA	ÁREA CORREGIDA A' (cm ²)		ESFUERZO SOBRE LA MUESTRA kPa			
	M-40	M-41	M-42	M-40	M-41	M-42	mm	ΔL/L ₀	1-ΔL/L ₀	M-40	M-41	M-40	M-41	M-42	
0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.000	1.000	70.94	70.94	70.94	0.00	0.00	0.00
10	10	26	39	1.31	3.49	5.26	0.10	0.001	0.999	71.04	71.04	71.04	1.81	4.82	7.26
15	14	34	49	1.86	4.58	6.63	0.15	0.002	0.998	71.09	71.09	71.09	2.56	6.32	9.14
20	19	43	60	2.54	5.81	8.12	0.20	0.003	0.997	71.14	71.14	71.14	3.50	8.01	11.20
40	47	85	98	6.35	11.53	13.30	0.40	0.006	0.994	71.34	71.34	71.34	8.73	15.85	18.29
60	82	124	129	11.12	16.85	17.53	0.60	0.008	0.992	71.55	71.55	71.55	15.25	23.09	24.03
80	117	154	150	15.89	20.94	20.39	0.80	0.011	0.989	71.75	71.75	71.75	21.72	28.62	27.87
100	144	175	161	19.57	23.80	21.89	1.00	0.014	0.986	71.95	71.95	71.95	26.68	32.43	29.83
120	160	188	166	21.75	25.57	22.57	1.20	0.017	0.983	72.16	72.16	72.16	29.56	34.75	30.67
140	168	192	167	22.84	26.11	22.71	1.40	0.020	0.980	72.37	72.37	72.37	30.96	35.39	30.77
160	169	193	167	22.98	26.25	22.71	1.60	0.023	0.977	72.58	72.58	72.58	31.05	35.47	30.68
180	165	189	162	22.44	25.71	22.03	1.80	0.025	0.975	72.79	72.79	72.79	30.23	34.63	29.68
200	154	179	148	20.94	24.34	20.12	2.00	0.028	0.972	73.00	73.00	73.00	28.13	32.70	27.03
220							2.20	0.031	0.969	73.21	73.21	73.21			
240							2.40	0.034	0.966	73.42	73.42	73.42			
260							2.60	0.037	0.963	73.64	73.64	73.64			

Nota: La carga total sobre la muestra se calculó a partir de las lecturas del deformímetro de carga (Divisiones), aplicando la ecuación de calibración del anillo de carga: $P[g]=136.29 \cdot Div-52.804$.

Los valores fueron posteriormente convertidos a kilogramos (1 kg = 1000 g).



MUESTRAS	M-40	M-41	M-42	PROMEDIO
qu (kPa)	31.05	35.47	30.77	32.43
C (kPa)	15.53	17.74	15.39	16.22

Resultados al esfuerzo de suelo natural -TP6



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING
RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO
PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



COMPRESIÓN NO CONFINADA

MTC E 132 - 2000, ASTM D-1883 y AASHTO T - 193

DATOS GENERALES:

Adición de Proes: 0.00 %	Calicata: C-5
Adición de Con-Aid: 0.03 %	Tipo de suelo: A-4 (1)
Adición de cemento IP: 1.50 %	

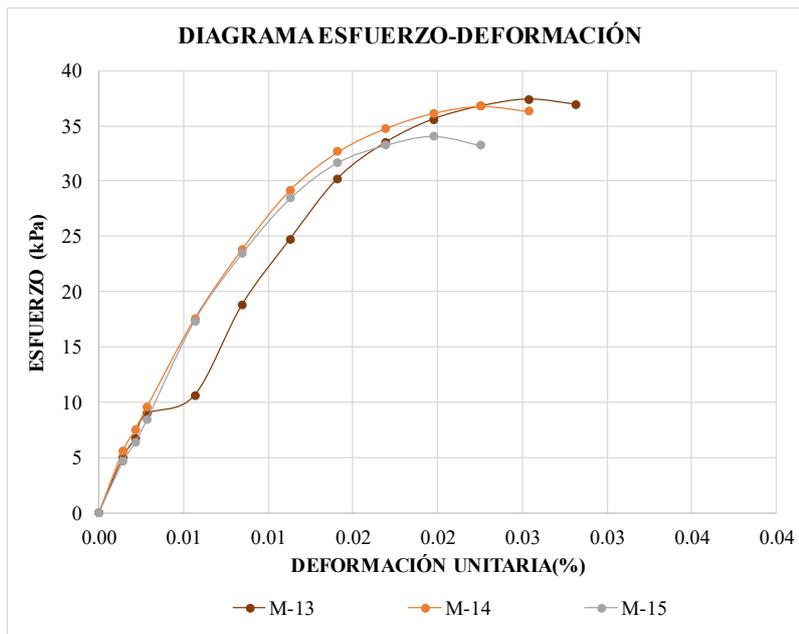
DATOS DE ENSAYO:

	DIMENSIONES DE LA MUESTRA			DENSIDAD DE MUESTRAS			
	M-13	M-14	M-15	M-13	M-14	M-15	
Diámetro:	33.41 mm	33.41 mm	33.41 mm	Peso:	127.03 g	127.46 g	127.09 g
Altura L ₀ :	70.94 mm	70.94 mm	70.94 mm	Peso Unitario húmedo:	2.04 g/cm ³	2.05 g/cm ³	2.04 g/cm ³
Área:	8.77 cm ²	8.77 cm ²	8.77 cm ²	Humedad:	14.35%	14.35%	14.35%
Volumen:	62.2 cm ³	62.2 cm ³	62.2 cm ³	Peso Unitario seco:	1.79 g/cm ³	1.79 g/cm ³	1.79 g/cm ³

DEFORMACIÓN DE LONGITUD	DEFORMÍMETRO DE CARGA			CARGA TOTAL SOBRE LA MUESTRA (kg)			DEFORMACIÓN DE LA MUESTRA (ΔL) mm	DEFORMACIÓN UNITARIA ΔL/L ₀	FACTOR DE CORRECCIÓN DE ÁREA 1-ΔL/L ₀	ÁREA CORREGIDA A' (cm ²)		ESFUERZO SOBRE LA MUESTRA kPa			
	M-13	M-14	M-15	M-13	M-14	M-15				M-13	M-14	M-15	M-13	M-14	M-15
*0.01 mm	0	0	0	0	0	0	0.00	0.000	1.000	70.94	70.94	70.94	0.00	0.00	0.00
10	27	30	25	3.63	4.04	3.35	0.10	0.001	0.999	71.04	71.04	71.04	5.01	5.57	4.63
15	36	40	34	4.85	5.40	4.58	0.15	0.002	0.998	71.09	71.09	71.09	6.70	7.45	6.32
20	48	51	45	6.49	6.90	6.08	0.20	0.003	0.997	71.14	71.14	71.14	8.95	9.51	8.38
40	57	94	93	7.72	12.76	12.62	0.40	0.006	0.994	71.34	71.34	71.34	10.61	17.54	17.35
60	101	128	126	13.71	17.39	17.12	0.60	0.008	0.992	71.55	71.55	71.55	18.80	23.84	23.47
80	133	157	153	18.07	21.34	20.80	0.80	0.011	0.989	71.75	71.75	71.75	24.70	29.17	28.43
100	163	176	171	22.16	23.93	23.25	1.00	0.014	0.986	71.95	71.95	71.95	30.21	32.62	31.69
120	181	188	180	24.62	25.57	24.48	1.20	0.017	0.983	72.16	72.16	72.16	33.45	34.75	33.27
140	193	196	185	26.25	26.66	25.16	1.40	0.020	0.980	72.37	72.37	72.37	35.57	36.13	34.10
160	200	200	181	27.21	27.21	24.62	1.60	0.023	0.977	72.58	72.58	72.58	36.76	36.76	33.26
180	204	198		27.75	26.93		1.80	0.025	0.975	72.79	72.79	72.79	37.39	36.29	
200	202			27.48			2.00	0.028	0.972	73.00	73.00	73.00	36.91		
220							2.20	0.031	0.969	73.21	73.21	73.21			
240							2.40	0.034	0.966	73.42	73.42	73.42			
260							2.60	0.037	0.963	73.64	73.64	73.64			

Nota: La carga total sobre la muestra se calculó a partir de las lecturas del deformímetro de carga (Divisiones), aplicando la ecuación de calibración del anillo de carga: $P[g]=136.29 \cdot Div-52.804$.

Los valores fueron posteriormente convertidos a kilogramos (1 kg = 1000 g).



MUESTRAS	M-13	M-14	M-15	PROMEDIO
qu (kPa)	37.39	36.76	34.10	36.08
C (kPa)	18.69	18.38	17.05	18.04

Resultados al esfuerzo de suelo natural -T1



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING
RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO
PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



COMPRESIÓN NO CONFINADA

MTC E 132 - 2000, ASTM D-1883 y AASHTO T - 193

DATOS GENERALES:

Adición de Proes: 0.01 %	Calicata: C-5
Adición de Con-Aid: 0.03 %	Tipo de suelo: A-4 (1)
Adición de cemento IP: 0.50 %	

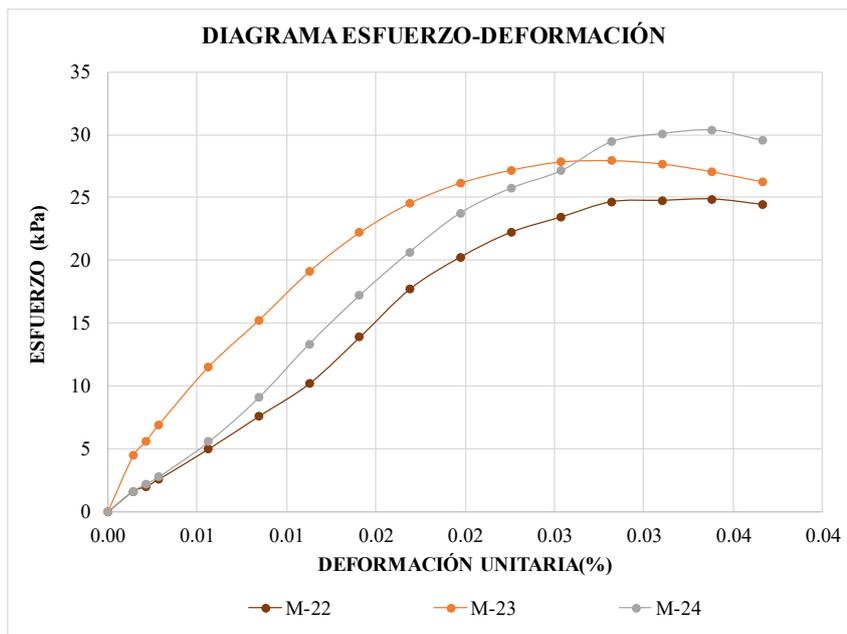
DATOS DE ENSAYO:

DIMENSIONES DE LA MUESTRA							DENSIDAD DE MUESTRAS								
	M-22	M-23	M-24		M-22	M-23	M-24		M-22	M-23	M-24		M-22	M-23	M-24
Diámetro:	33.41 mm	33.41 mm	33.41 mm		Peso:	128.58 g	128.89 g	129.91 g							
Altura L ₀ :	70.94 mm	70.94 mm	70.94 mm		Peso Unitario húmedo:	2.07 g/cm ³	2.07 g/cm ³	2.09 g/cm ³							
Área:	8.77 cm ²	8.77 cm ²	8.77 cm ²		Humedad:	14.53%	14.53%	14.53%							
Volumen:	62.2 cm ³	62.2 cm ³	62.2 cm ³		Peso Unitario seco:	1.81 g/cm ³	1.81 g/cm ³	1.82 g/cm ³							

DEFORMACIÓN DE LONGITUD	DEFORMÍMETRO DE CARGA			CARGA TOTAL SOBRE LA MUESTRA (kg)			DEFORMACIÓN DE LA MUESTRA (ΔL)	DEFORMACIÓN UNITARIA	FACTOR DE CORRECCIÓN DE ÁREA	ÁREA CORREGIDA A' (cm ²)		ESFUERZO SOBRE LA MUESTRA kPa			
	M-22	M-23	M-24	M-22	M-23	M-24	mm	ΔL/L ₀	1-ΔL/L ₀	M-22	M-23	M-22	M-23	M-24	
*0.01 mm	0	0	0	0	0	0	0.00	0.000	1.000	70.94	70.94	70.94	0.00	0.00	0.00
10	9	24	9	1.17	3.22	1.17	0.10	0.001	0.999	71.04	71.04	71.04	1.62	4.44	1.62
15	11	30	12	1.45	4.04	1.58	0.15	0.002	0.998	71.09	71.09	71.09	2.00	5.57	2.18
20	14	37	15	1.86	4.99	1.99	0.20	0.003	0.997	71.14	71.14	71.14	2.56	6.88	2.75
40	27	62	30	3.63	8.40	4.04	0.40	0.006	0.994	71.34	71.34	71.34	4.99	11.54	5.55
60	41	82	49	5.54	11.12	6.63	0.60	0.008	0.992	71.55	71.55	71.55	7.59	15.25	9.08
80	55	103	72	7.44	13.99	9.76	0.80	0.011	0.989	71.75	71.75	71.75	10.17	19.11	13.34
100	75	120	93	10.17	16.30	12.62	1.00	0.014	0.986	71.95	71.95	71.95	13.86	22.22	17.20
120	96	133	112	13.03	18.07	15.21	1.20	0.017	0.983	72.16	72.16	72.16	17.71	24.56	20.67
140	110	142	129	14.94	19.30	17.53	1.40	0.020	0.980	72.37	72.37	72.37	20.24	26.15	23.75
160	121	148	140	16.44	20.12	19.03	1.60	0.023	0.977	72.58	72.58	72.58	22.21	27.18	25.71
180	128	152	148	17.39	20.66	20.12	1.80	0.025	0.975	72.79	72.79	72.79	23.43	27.84	27.11
200	135	153	161	18.35	20.80	21.89	2.00	0.028	0.972	73.00	73.00	73.00	24.65	27.94	29.41
220	136	152	165	18.48	20.66	22.44	2.20	0.031	0.969	73.21	73.21	73.21	24.76	27.68	30.05
240	137	149	167	18.62	20.25	22.71	2.40	0.034	0.966	73.42	73.42	73.42	24.87	27.05	30.33
260	135	145	163	18.35	19.71	22.16	2.60	0.037	0.963	73.64	73.64	73.64	24.43	26.25	29.51

Nota: La carga total sobre la muestra se calculó a partir de las lecturas del deformímetro de carga (Divisiones), aplicando la ecuación de calibración del anillo de carga: $P[g]=136.29 \cdot Div-52.804$.

Los valores fueron posteriormente convertidos a kilogramos (1 kg = 1000 g).



MUESTRAS	M-22	M-23	M-24	PROMEDIO
qu (kPa)	24.87	27.94	30.33	27.71
C (kPa)	12.43	13.97	15.16	13.86

Resultados al esfuerzo de suelo natural -T2



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING
RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO
PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



COMPRESIÓN NO CONFINADA

MTC E 132 - 2000, ASTM D-1883 y AASHTO T - 193

DATOS GENERALES:

Adición de Proes: 0.03 %
Adición de Con-Aid: 0.03 %
Adición de cemento IP: 1.50 %

Calicata: C-5
Tipo de suelo: A-4 (1)

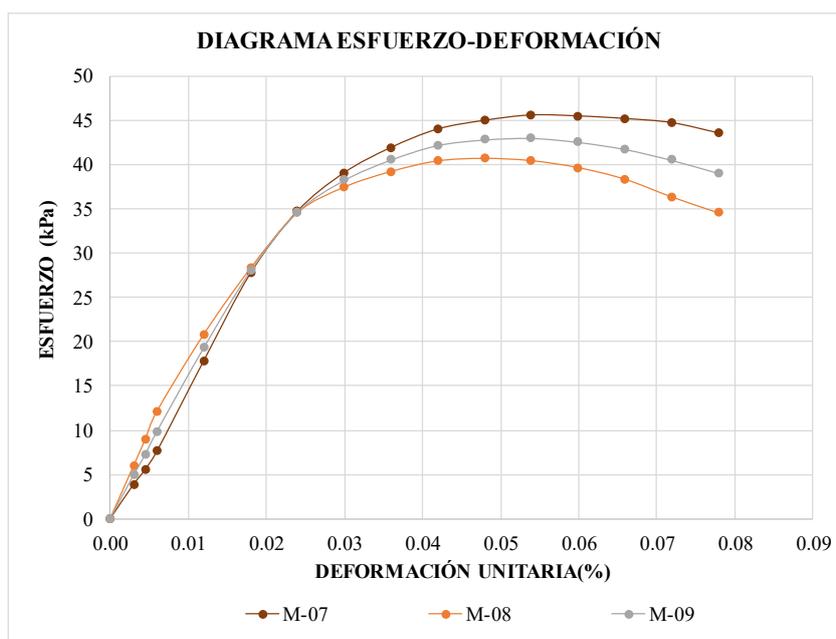
DATOS DE ENSAYO:

DIMENSIONES DE LA MUESTRA							DENSIDAD DE MUESTRAS								
	M-07	M-08	M-09		M-07	M-08	M-09		M-07	M-08	M-09		M-07	M-08	M-09
Diámetro:	33.41 mm	33.41 mm	33.41 mm		Peso:	131.11 g	129.30 g	126.32 g							
Altura L ₀ :	70.94 mm	70.94 mm	70.94 mm		Peso Unitario húmedo:	2.11 g/cm ³	2.08 g/cm ³	2.03 g/cm ³							
Área:	8.77 cm ²	8.77 cm ²	8.77 cm ²		Humedad:	15.28%	15.28%	15.28%							
Volumen:	62.2 cm ³	62.2 cm ³	62.2 cm ³		Peso Unitario seco:	1.83 g/cm ³	1.80 g/cm ³	1.76 g/cm ³							

DEFORMACIÓN DE LONGITUD	DEFORMÍMETRO DE CARGA			CARGA TOTAL SOBRE LA MUESTRA (kg)			DEFORMACIÓN DE LA MUESTRA (ΔL)	DEFORMACIÓN UNITARIA	FACTOR DE CORRECCIÓN DE ÁREA	ÁREA CORREGIDA A' (cm ²)		ESFUERZO SOBRE LA MUESTRA (kPa)			
	M-07	M-08	M-09	M-07	M-08	M-09	mm	ΔL/L ₀	1-ΔL/L ₀	M-07	M-08	M-07	M-08	M-09	
*0.01 mm	0	0	0	0	0	0	0.00	0.000	1.000	70.94	70.94	70.94	0.00	0.00	0.00
10	21	32	27	2.81	4.31	3.56	0.10	0.003	0.997	71.15	71.15	71.15	3.87	5.94	4.91
15	30	48	39	4.04	6.49	5.26	0.15	0.004	0.996	71.26	71.26	71.26	5.55	8.93	7.24
20	41	65	53	5.54	8.81	7.17	0.20	0.006	0.994	71.37	71.37	71.37	7.61	12.10	9.85
40	96	112	104	13.03	15.21	14.12	0.40	0.012	0.988	71.80	71.80	71.80	17.80	20.78	19.29
60	150	153	152	20.39	20.80	20.60	0.60	0.018	0.982	72.24	72.24	72.24	27.68	28.24	27.96
80	189	188	189	25.71	25.57	25.64	0.80	0.024	0.976	72.68	72.68	72.68	34.68	34.50	34.59
100	214	205	210	29.11	27.89	28.50	1.00	0.030	0.970	73.13	73.13	73.13	39.04	37.40	38.22
120	231	216	224	31.43	29.39	30.41	1.20	0.036	0.964	73.58	73.58	73.58	41.89	39.16	40.53
140	244	224	234	33.20	30.48	31.84	1.40	0.042	0.958	74.04	74.04	74.04	43.97	40.36	42.17
160	251	227	239	34.16	30.89	32.52	1.60	0.048	0.952	74.51	74.51	74.51	44.96	40.65	42.80
180	256	227	242	34.84	30.89	32.86	1.80	0.054	0.946	74.98	74.98	74.98	45.56	40.39	42.98
200	257	224	241	34.97	30.48	32.72	2.00	0.060	0.940	75.46	75.46	75.46	45.45	39.61	42.53
220	257	218	238	34.97	29.66	32.32	2.20	0.066	0.934	75.94	75.94	75.94	45.16	38.30	41.73
240	256	208	232	34.84	28.30	31.57	2.40	0.072	0.928	76.43	76.43	76.43	44.70	36.31	40.50
260	251	199	225	34.16	27.07	30.61	2.60	0.078	0.922	76.93	76.93	76.93	43.54	34.51	39.02

Nota: La carga total sobre la muestra se calculó a partir de las lecturas del deformímetro de carga (Divisiones), aplicando la ecuación de calibración del anillo de carga: $P[g]=136.29 \cdot Div-52.804$.

Los valores fueron posteriormente convertidos a kilogramos (1 kg = 1000 g).



MUESTRAS	M-07	M-08	M-09	PROMEDIO
qu (kPa)	45.56	40.65	42.98	43.06
C (kPa)	22.78	20.33	21.49	21.53

Resultados al esfuerzo de suelo natural -T3



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING
RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO
PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



COMPRESIÓN NO CONFINADA

MTC E 132 - 2000, ASTM D-1883 y AASHTO T - 193

DATOS GENERALES:

Adición de Procs: 0.03 %	Calicata: C-5
Adición de Con-Aid: 0.01 %	Tipo de suelo: A-4 (1)
Adición de cemento IP: 0.50 %	

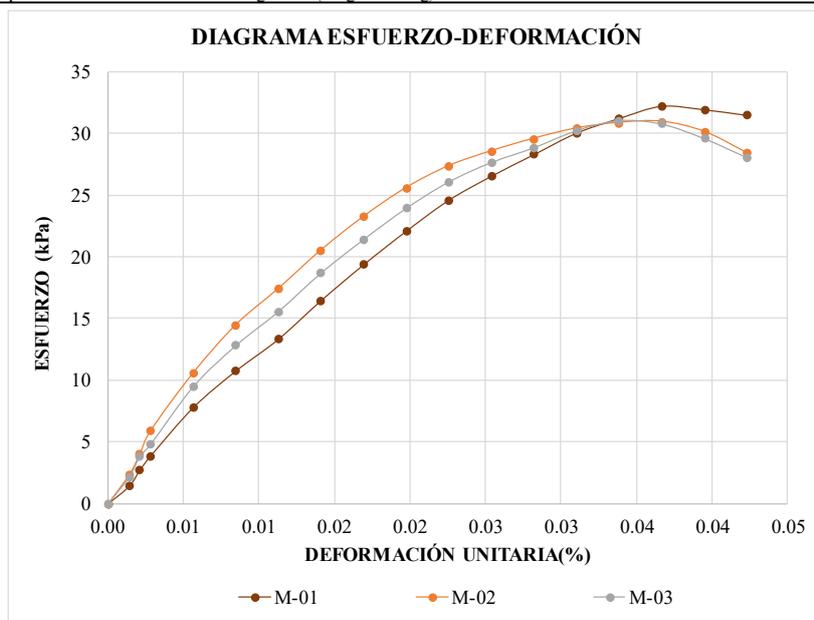
DATOS DE ENSAYO:

DIMENSIONES DE LA MUESTRA						DENSIDAD DE MUESTRAS								
	M-01	M-02	M-03			M-01	M-02	M-03						
Diámetro:	33.41 mm	33.41 mm	33.41 mm			Peso:	130.92 g	133.20 g	130.39 g					
Altura L ₀ :	70.94 mm	70.94 mm	70.94 mm			Peso Unitario húmedo:	2.11 g/cm ³	2.14 g/cm ³	2.10 g/cm ³					
Área:	8.77 cm ²	8.77 cm ²	8.77 cm ²			Humedad:	15.12%	15.12%	15.12%					
Volumen:	62.2 cm ³	62.2 cm ³	62.2 cm ³			Peso Unitario seco:	1.83 g/cm ³	1.86 g/cm ³	1.82 g/cm ³					

DEFORMÍMETRO DE LONGITUD	DEFORMÍMETRO DE CARGA			CARGA TOTAL SOBRE LA MUESTRA (kg)			DEFORMACIÓN DE LA MUESTRA (ΔL)	DEFORMACIÓN UNITARIA ΔL/L ₀	FACTOR DE CORRECCIÓN DE ÁREA 1-ΔL/L ₀	ÁREA CORREGIDA A' (cm ²)			ESFUERZO SOBRE LA MUESTRA kPa		
	M-01	M-02	M-03	M-01	M-02	M-03				mm	M-01	M-02	M-03	M-01	M-02
*0.01 mm	0	0	0	0	0	0	0.00	0.000	1.000	70.94	70.94	70.94	0.00	0.00	0.00
10	8	13	12	1.04	1.72	1.58	0.10	0.001	0.999	71.04	71.04	71.04	1.43	2.37	2.18
15	15	22	21	1.99	2.95	2.81	0.15	0.002	0.998	71.09	71.09	71.09	2.75	4.06	3.88
20	21	32	26	2.81	4.31	3.49	0.20	0.003	0.997	71.14	71.14	71.14	3.87	5.94	4.81
40	42	57	51	5.67	7.72	6.90	0.40	0.006	0.994	71.34	71.34	71.34	7.80	10.61	9.48
60	58	78	69	7.85	10.58	9.35	0.60	0.008	0.992	71.55	71.55	71.55	10.76	14.50	12.82
80	72	94	84	9.76	12.76	11.40	0.80	0.011	0.989	71.75	71.75	71.75	13.34	17.44	15.58
100	89	111	101	12.08	15.08	13.71	1.00	0.014	0.986	71.95	71.95	71.95	16.46	20.55	18.69
120	105	126	116	14.26	17.12	15.76	1.20	0.017	0.983	72.16	72.16	72.16	19.38	23.27	21.41
140	120	139	130	16.30	18.89	17.66	1.40	0.020	0.980	72.37	72.37	72.37	22.09	25.60	23.94
160	134	149	142	18.21	20.25	19.30	1.60	0.023	0.977	72.58	72.58	72.58	24.61	27.37	26.08
180	145	156	151	19.71	21.21	20.53	1.80	0.025	0.975	72.79	72.79	72.79	26.55	28.57	27.66
200	155	162	158	21.07	22.03	21.48	2.00	0.028	0.972	73.00	73.00	73.00	28.31	29.59	28.86
220	165	167	166	22.44	22.71	22.57	2.20	0.031	0.969	73.21	73.21	73.21	30.05	30.42	30.23
240	172	170	171	23.39	23.12	23.25	2.40	0.034	0.966	73.42	73.42	73.42	31.24	30.87	31.06
260	178	171	170	24.21	23.25	23.12	2.60	0.037	0.963	73.64	73.64	73.64	32.24	30.97	30.78
280	177	167	164	24.07	22.71	22.30	2.80	0.039	0.961	73.86	73.86	73.86	31.96	30.15	29.61
300	175	158	156	23.80	21.48	21.21	3.00	0.042	0.958	74.07	74.07	74.07	31.51	28.44	28.08

Nota: La carga total sobre la muestra se calculó a partir de las lecturas del deformímetro de carga (Divisiones), aplicando la ecuación de calibración del anillo de carga: P[g]=136.29·Div-52.804.

Los valores fueron posteriormente convertidos a kilogramos (1 kg = 1000 g).



MUESTRAS	M-01	M-02	M-03	PROMEDIO
qu (kPa)	32.24	30.97	31.06	31.42
C (kPa)	16.12	15.48	15.53	15.71

Resultados al esfuerzo de suelo natural -T4



“INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING
RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO
PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024”



COMPRESIÓN NO CONFINADA

MTC E 132 - 2000, ASTM D-1883 y AASHTO T - 193

DATOS GENERALES:

Adición de Proes: 0.01 %	Calicata: C-5
Adición de Con-Aid: 0.01 %	Tipo de suelo: A-4 (1)
Adición de cemento IP: 0.50 %	

DATOS DE ENSAYO:

DIMENSIONES DE LA MUESTRA

	M-31	M-32	M-33
Diámetro:	33.41 mm	33.41 mm	33.41 mm
Altura L ₀ :	70.94 mm	70.94 mm	70.94 mm
Área:	8.77 cm ²	8.77 cm ²	8.77 cm ²
Volumen:	62.2 cm ³	62.2 cm ³	62.2 cm ³

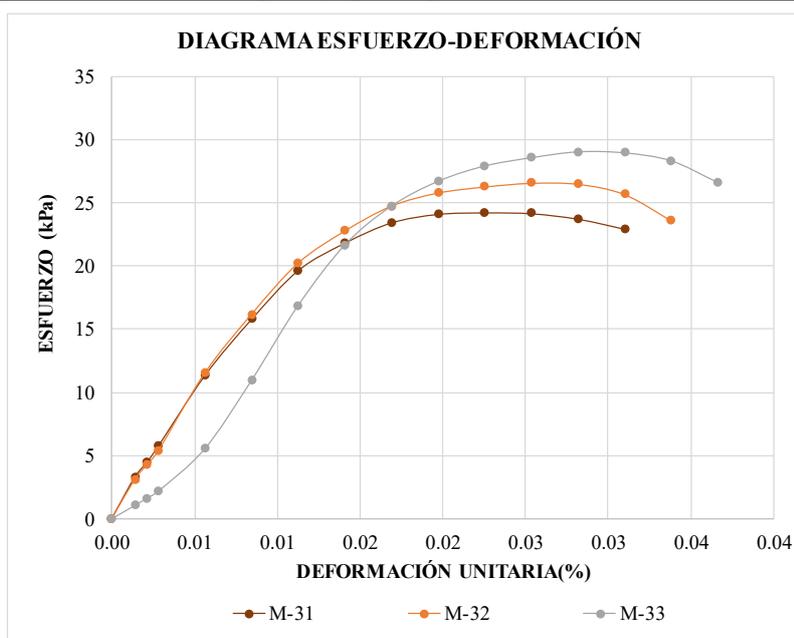
DENSIDAD DE MUESTRAS

	M-31	M-32	M-33
Peso:	126.40 g	127.55 g	126.09 g
Peso Unitario húmedo:	2.03 g/cm ³	2.05 g/cm ³	2.03 g/cm ³
Humedad:	14.35%	14.35%	14.35%
Peso Unitario seco:	1.78 g/cm ³	1.79 g/cm ³	1.77 g/cm ³

DEFORMÍMETRO DE LONGITUD	DEFORMÍMETRO DE CARGA			CARGA TOTAL SOBRE LA MUESTRA (kg)			DEFORMACIÓN DE LA MUESTRA (ΔL) mm	DEFORMACIÓN UNITARIA ΔL/L ₀	FACTOR DE CORRECCIÓN DE ÁREA 1-ΔL/L ₀	ÁREA CORREGIDA A' (cm ²)		ESFUERZO SOBRE LA MUESTRA kPa			
	M-31	M-32	M-33	M-31	M-32	M-33				M-31	M-32	M-33	M-31	M-32	M-33
*0.01 mm	0	0	0	0	0	0	0.00	0.000	1.000	70.94	70.94	70.94	0.00	0.00	0.00
10	18	17	6	2.40	2.26	0.76	0.10	0.001	0.999	71.04	71.04	71.04	3.31	3.13	1.06
15	24	23	9	3.22	3.08	1.17	0.15	0.002	0.998	71.09	71.09	71.09	4.44	4.25	1.62
20	31	29	12	4.17	3.90	1.58	0.20	0.003	0.997	71.14	71.14	71.14	5.75	5.38	2.18
40	61	62	30	8.26	8.40	4.04	0.40	0.006	0.994	71.34	71.34	71.34	11.36	11.54	5.55
60	85	87	59	11.53	11.80	7.99	0.60	0.008	0.992	71.55	71.55	71.55	15.81	16.18	10.95
80	106	109	91	14.39	14.80	12.35	0.80	0.011	0.989	71.75	71.75	71.75	19.67	20.23	16.88
100	118	123	117	16.03	16.71	15.89	1.00	0.014	0.986	71.95	71.95	71.95	21.85	22.78	21.66
120	127	134	134	17.26	18.21	18.21	1.20	0.017	0.983	72.16	72.16	72.16	23.45	24.75	24.75
140	131	140	145	17.80	19.03	19.71	1.40	0.020	0.980	72.37	72.37	72.37	24.12	25.78	26.71
160	132	143	152	17.94	19.44	20.66	1.60	0.023	0.977	72.58	72.58	72.58	24.24	26.26	27.92
180	132	145	156	17.94	19.71	21.21	1.80	0.025	0.975	72.79	72.79	72.79	24.17	26.55	28.57
200	130	145	159	17.66	19.71	21.62	2.00	0.028	0.972	73.00	73.00	73.00	23.73	26.48	29.04
220	126	141	159	17.12	19.16	21.62	2.20	0.031	0.969	73.21	73.21	73.21	22.93	25.67	28.96
240		130	156		17.66	21.21	2.40	0.034	0.966	73.42	73.42	73.42		23.59	28.33
260			147			19.98	2.60	0.037	0.963	73.64	73.64	73.64			26.61

Nota: La carga total sobre la muestra se calculó a partir de las lecturas del deformímetro de carga (Divisiones), aplicando la ecuación de calibración del anillo de carga: $P[g]=136.29 \cdot Div-52.804$.

Los valores fueron posteriormente convertidos a kilogramos (1 kg = 1000 g).



MUESTRAS	M-31	M-32	M-33	PROMEDIO
qu (kPa)	24.24	26.55	29.04	26.61
C (kPa)	12.12	13.28	14.52	13.31

Resultados al esfuerzo de suelo natural -T5



“INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING
RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO
PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024”



COMPRESIÓN NO CONFINADA

MTC E 132 - 2000, ASTM D-1883 y AASHTO T - 193

DATOS GENERALES:

Adición de Proes: 0.01 %	Calicata: C-5
Adición de Con-Aid: 0.03 %	Tipo de suelo: A-4 (1)
Adición de cemento IP: 1.50 %	

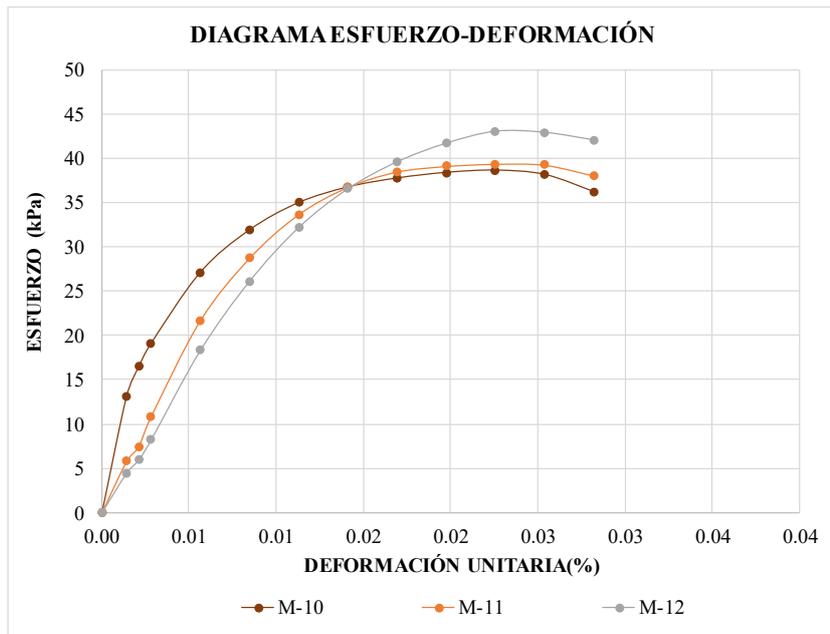
DATOS DE ENSAYO:

DIMENSIONES DE LA MUESTRA						DENSIDAD DE MUESTRAS							
	M-10	M-11	M-12			M-10	M-11	M-12					
Diámetro:	33.41 mm	33.41 mm	33.41 mm			Peso:	125.65 g	127.68 g	126.63 g				
Altura L ₀ :	70.94 mm	70.94 mm	70.94 mm			Peso Unitario húmedo:	2.02 g/cm ³	2.05 g/cm ³	2.04 g/cm ³				
Área:	8.77 cm ²	8.77 cm ²	8.77 cm ²			Humedad:	13.50%	13.50%	13.50%				
Volumen:	62.2 cm ³	62.2 cm ³	62.2 cm ³			Peso Unitario seco:	1.78 g/cm ³	1.81 g/cm ³	1.79 g/cm ³				

DEFORMACIÓN DE LONGITUD	DEFORMÍMETRO DE CARGA			CARGA TOTAL SOBRE LA MUESTRA (kg)			DEFORMACIÓN DE LA MUESTRA (ΔL)	DEFORMACIÓN UNITARIA	FACTOR DE CORRECCIÓN DE ÁREA	ÁREA CORREGIDA A' (cm ²)		ESFUERZO SOBRE LA MUESTRA (kPa)			
	M-10	M-11	M-12	M-10	M-11	M-12	mm	ΔL/L ₀	1-ΔL/L ₀	M-10	M-11	M-12	M-10	M-11	M-12
*0.01 mm	0	0	0	0	0	0	0.00	0.000	1.000	70.94	70.94	70.94	0.00	0.00	0.00
10	70	31	24	9.49	4.17	3.22	0.10	0.001	0.999	71.04	71.04	71.04	13.10	5.76	4.44
15	88	40	32	11.94	5.40	4.31	0.15	0.002	0.998	71.09	71.09	71.09	16.47	7.45	5.94
20	102	58	44	13.85	7.85	5.94	0.20	0.003	0.997	71.14	71.14	71.14	19.09	10.82	8.19
40	145	116	98	19.71	15.76	13.30	0.40	0.006	0.994	71.34	71.34	71.34	27.09	21.66	18.29
60	171	154	140	23.25	20.94	19.03	0.60	0.008	0.992	71.55	71.55	71.55	31.87	28.70	26.08
80	188	181	173	25.57	24.62	23.53	0.80	0.011	0.989	71.75	71.75	71.75	34.95	33.64	32.15
100	198	198	197	26.93	26.93	26.80	1.00	0.014	0.986	71.95	71.95	71.95	36.71	36.71	36.52
120	204	208	214	27.75	28.30	29.11	1.20	0.017	0.983	72.16	72.16	72.16	37.71	38.45	39.56
140	208	212	226	28.30	28.84	30.75	1.40	0.020	0.980	72.37	72.37	72.37	38.34	39.08	41.67
160	210	214	234	28.57	29.11	31.84	1.60	0.023	0.977	72.58	72.58	72.58	38.60	39.34	43.02
180	208	214	234	28.30	29.11	31.84	1.80	0.025	0.975	72.79	72.79	72.79	38.12	39.22	42.90
200	198	208	230	26.93	28.30	31.29	2.00	0.028	0.972	73.00	73.00	73.00	36.18	38.01	42.04
220							2.20	0.031	0.969	73.21	73.21	73.21			
240							2.40	0.034	0.966	73.42	73.42	73.42			
260							2.60	0.037	0.963	73.64	73.64	73.64			

Nota: La carga total sobre la muestra se calculó a partir de las lecturas del deformímetro de carga (Divisiones), aplicando la ecuación de calibración del anillo de carga: $P[g]=136.29 \cdot Div-52.804$.

Los valores fueron posteriormente convertidos a kilogramos (1 kg = 1000 g).



MUESTRAS	M-10	M-11	M-12	PROMEDIO
qu (kPa)	38.60	39.34	43.02	40.32
C (kPa)	19.30	19.67	21.51	20.16

Resultados al esfuerzo de suelo natural -T6



“INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING
RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO
PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024”



COMPRESIÓN NO CONFINADA

MTC E 132 - 2000, ASTM D-1883 y AASHTO T - 193

DATOS GENERALES:

Adición de Proes: 0.03 %
Adición de Con-Aid: 0.03 %
Adición de cemento IP: 0.50 %

Calicata: C-5
Tipo de suelo: A-4 (1)

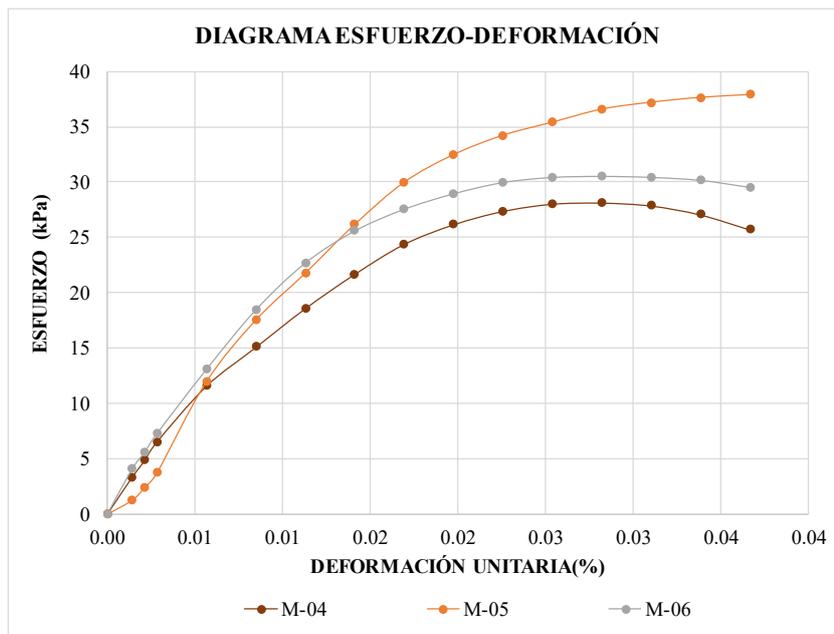
DATOS DE ENSAYO:

DIMENSIONES DE LA MUESTRA							DENSIDAD DE MUESTRAS								
	M-04	M-05	M-06		M-04	M-05	M-06		M-04	M-05	M-06		M-04	M-05	M-06
Diámetro:	33.41 mm	33.41 mm	33.41 mm		Peso:	128.88 g	129.44 g	129.38 g							
Altura L ₀ :	70.94 mm	70.94 mm	70.94 mm		Peso Unitario húmedo:	2.07 g/cm ³	2.08 g/cm ³	2.08 g/cm ³							
Área:	8.77 cm ²	8.77 cm ²	8.77 cm ²		Humedad:	15.41%	15.41%	15.41%							
Volumen:	62.2 cm ³	62.2 cm ³	62.2 cm ³		Peso Unitario seco:	1.80 g/cm ³	1.80 g/cm ³	1.80 g/cm ³							

DEFORMÍMETRO DE LONGITUD	DEFORMÍMETRO DE CARGA			CARGA TOTAL SOBRE LA MUESTRA (kg)			DEFORMACIÓN DE LA MUESTRA (ΔL)	DEFORMACIÓN UNITARIA	FACTOR DE CORRECCIÓN DE ÁREA	ÁREA CORREGIDA A' (cm ²)		ESFUERZO SOBRE LA MUESTRA kPa			
	M-04	M-05	M-06	M-04	M-05	M-06	mm	ΔL/L ₀	1-ΔL/L ₀	M-04	M-06	M-04	M-05	M-06	
*0.01 mm	0	0	0	0	0	0	0.00	0.000	1.000	70.94	70.94	70.94	0.00	0.00	0.00
10	18	7	22	2.40	0.90	2.95	0.10	0.001	0.999	71.04	71.04	71.04	3.31	1.24	4.07
15	26	13	30	3.49	1.72	4.04	0.15	0.002	0.998	71.09	71.09	71.09	4.82	2.37	5.57
20	35	20	39	4.72	2.67	5.26	0.20	0.003	0.997	71.14	71.14	71.14	6.50	3.68	7.25
40	62	64	70	8.40	8.67	9.49	0.40	0.006	0.994	71.34	71.34	71.34	11.54	11.92	13.04
60	81	94	99	10.99	12.76	13.44	0.60	0.008	0.992	71.55	71.55	71.55	15.06	17.49	18.42
80	100	117	122	13.58	15.89	16.57	0.80	0.011	0.989	71.75	71.75	71.75	18.56	21.72	22.65
100	117	141	138	15.89	19.16	18.76	1.00	0.014	0.986	71.95	71.95	71.95	21.66	26.12	25.56
120	132	162	149	17.94	22.03	20.25	1.20	0.017	0.983	72.16	72.16	72.16	24.38	29.93	27.53
140	142	176	157	19.30	23.93	21.34	1.40	0.020	0.980	72.37	72.37	72.37	26.15	32.43	28.92
160	149	186	163	20.25	25.30	22.16	1.60	0.023	0.977	72.58	72.58	72.58	27.37	34.18	29.95
180	153	193	166	20.80	26.25	22.57	1.80	0.025	0.975	72.79	72.79	72.79	28.02	35.37	30.41
200	154	200	167	20.94	27.21	22.71	2.00	0.028	0.972	73.00	73.00	73.00	28.13	36.55	30.51
220	153	204	167	20.80	27.75	22.71	2.20	0.031	0.969	73.21	73.21	73.21	27.86	37.17	30.42
240	149	207	166	20.25	28.16	22.57	2.40	0.034	0.966	73.42	73.42	73.42	27.05	37.61	30.15
260	142	209	163	19.30	28.43	22.16	2.60	0.037	0.963	73.64	73.64	73.64	25.70	37.86	29.51

Nota: La carga total sobre la muestra se calculó a partir de las lecturas del deformímetro de carga (Divisiones), aplicando la ecuación de calibración del anillo de carga: $P[g]=136.29 \cdot Div-52.804$.

Los valores fueron posteriormente convertidos a kilogramos (1 kg = 1000 g).



MUESTRAS	M-04	M-05	M-06	PROMEDIO
qu (kPa)	28.13	37.86	30.51	32.16
C (kPa)	14.06	18.93	15.25	16.08

Resultados al esfuerzo de suelo natural -T7



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING
RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO
PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



COMPRESIÓN NO CONFINADA

MTC E 132 - 2000, ASTM D-1883 y AASHTO T - 193

DATOS GENERALES:

Adición de Proes: 0.01 %	Calicata: C-5
Adición de Con-Aid: 0.01 %	Tipo de suelo: A-4 (1)
Adición de cemento IP: 1.50 %	

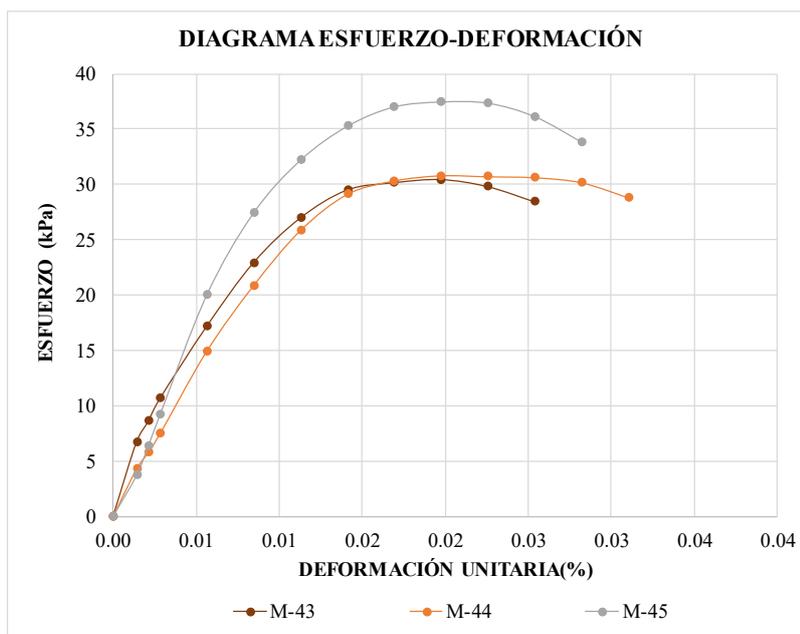
DATOS DE ENSAYO:

DIMENSIONES DE LA MUESTRA							DENSIDAD DE MUESTRAS								
	M-43	M-44	M-45		M-43	M-44	M-45		M-43	M-44	M-45		M-43	M-44	M-45
Diámetro:	33.41 mm	33.41 mm	33.41 mm		Peso:	127.62 g	128.37 g	126.69 g							
Altura L _o :	70.94 mm	70.94 mm	70.94 mm		Peso Unitario húmedo:	2.05 g/cm ³	2.06 g/cm ³	2.04 g/cm ³							
Área:	8.77 cm ²	8.77 cm ²	8.77 cm ²		Humedad:	14.71%	14.71%	14.71%							
Volumen:	62.2 cm ³	62.2 cm ³	62.2 cm ³		Peso Unitario seco:	1.79 g/cm ³	1.80 g/cm ³	1.78 g/cm ³							

DEFORMÍMETRO DE LONGITUD	DEFORMÍMETRO DE CARGA			DE CARGA TOTAL SOBRE LA MUESTRA (kg)			DEFORMACIÓN DE LA MUESTRA (ΔL)	DEFORMACIÓN UNITARIA ΔL/L _o	FACTOR DE CORRECCIÓN DE ÁREA 1-ΔL/L _o	ÁREA CORREGIDA A' (cm ²)			ESFUERZO SOBRE LA MUESTRA kPa		
	M-43	M-44	M-45	M-43	M-44	M-45				M-43	M-44	M-45	M-43	M-44	M-45
*0.01 mm	M-43	M-44	M-45	M-43	M-44	M-45				M-43	M-44	M-45	M-43	M-44	M-45
0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.000	1.000	70.94	70.94	70.94	0.00	0.00	0.00
10	36	23	20	4.85	3.08	2.67	0.10	0.001	0.999	71.04	71.04	71.04	6.70	4.25	3.69
15	46	31	34	6.22	4.17	4.58	0.15	0.002	0.998	71.09	71.09	71.09	8.58	5.76	6.32
20	57	40	49	7.72	5.40	6.63	0.20	0.003	0.997	71.14	71.14	71.14	10.64	7.44	9.13
40	92	80	107	12.49	10.85	14.53	0.40	0.006	0.994	71.34	71.34	71.34	17.16	14.91	19.97
60	123	112	147	16.71	15.21	19.98	0.60	0.008	0.992	71.55	71.55	71.55	22.91	20.85	27.39
80	145	139	173	19.71	18.89	23.53	0.80	0.011	0.989	71.75	71.75	71.75	26.94	25.82	32.15
100	159	157	190	21.62	21.34	25.84	1.00	0.014	0.986	71.95	71.95	71.95	29.46	29.09	35.22
120	163	164	200	22.16	22.30	27.21	1.20	0.017	0.983	72.16	72.16	72.16	30.12	30.30	36.97
140	165	167	203	22.44	22.71	27.61	1.40	0.020	0.980	72.37	72.37	72.37	30.40	30.77	37.42
160	162	167	203	22.03	22.71	27.61	1.60	0.023	0.977	72.58	72.58	72.58	29.76	30.68	37.31
180	155	167	197	21.07	22.71	26.80	1.80	0.025	0.975	72.79	72.79	72.79	28.39	30.59	36.10
200		165	185		22.44	25.16	2.00	0.028	0.972	73.00	73.00	73.00		30.14	33.80
220		158			21.48		2.20	0.031	0.969	73.21	73.21	73.21		28.77	
240							2.40	0.034	0.966	73.42	73.42	73.42			
260							2.60	0.037	0.963	73.64	73.64	73.64			

Nota: La carga total sobre la muestra se calculó a partir de las lecturas del deformímetro de carga (Divisiones), aplicando la ecuación de calibración del anillo de carga: $P[g]=136.29 \cdot Div-52.804$.

Los valores fueron posteriormente convertidos a kilogramos (1 kg = 1000 g).



MUESTRAS	M-43	M-44	M-45	PROMEDIO
qu (kPa)	30.40	30.77	37.42	32.86
C (kPa)	15.20	15.39	18.71	16.43

Resultados al esfuerzo de suelo natural -T8



"INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING
RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO
PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024"



COMPRESIÓN NO CONFINADA

MTC E 132 - 2000, ASTM D-1883 y AASHTO T - 193

DATOS GENERALES:

Adición de Proes: 0.03 %	Calicata: C-5
Adición de Con-Aid: 0.01 %	Tipo de suelo: A-4 (1)
Adición de cemento IP: 1.50 %	

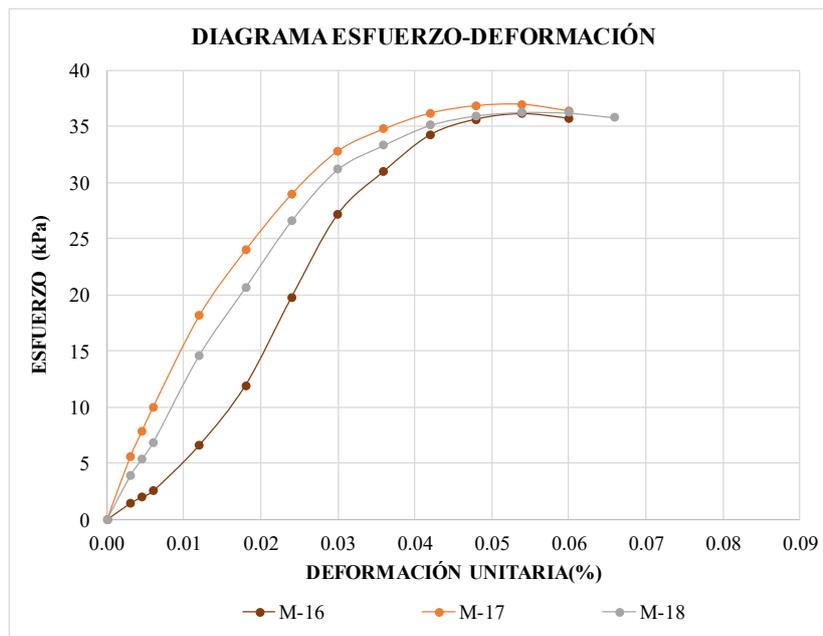
DATOS DE ENSAYO:

DIMENSIONES DE LA MUESTRA							DENSIDAD DE MUESTRAS							
	M-16	M-17	M-18				M-16	M-17	M-18					
Diámetro:	33.41 mm	33.41 mm	33.41 mm				Peso:	127.07 g	127.77 g	126.27 g				
Altura L ₀ :	70.94 mm	70.94 mm	70.94 mm				Peso Unitario húmedo:	2.04 g/cm ³	2.05 g/cm ³	2.03 g/cm ³				
Área:	8.77 cm ²	8.77 cm ²	8.77 cm ²				Humedad:	14.87%	14.87%	14.87%				
Volumen:	62.2 cm ³	62.2 cm ³	62.2 cm ³				Peso Unitario seco:	1.78 g/cm ³	1.79 g/cm ³	1.77 g/cm ³				

DEFORMÍMETRO DE LONGITUD	DEFORMÍMETRO DE CARGA			CARGA TOTAL SOBRE LA MUESTRA (kg)			DEFORMACIÓN DE LA MUESTRA (ΔL)	DEFORMACIÓN UNITARIA ΔL/L ₀	FACTOR DE CORRECCIÓN DE ÁREA 1-ΔL/L ₀	ÁREA CORREGIDA A' (cm ²)		ESFUERZO SOBRE LA MUESTRA kPa			
	M-16	M-17	M-18	M-16	M-17	M-18	mm			M-16	M-17	M-18	M-16	M-17	M-18
*0.01 mm	0	0	0	0	0	0	0.00	0.000	1.000	70.94	70.94	70.94	0.00	0.00	0.00
10	8	30	21	1.04	4.04	2.81	0.10	0.003	0.997	71.15	71.15	71.15	1.43	5.56	3.87
15	11	42	29	1.45	5.67	3.90	0.15	0.004	0.996	71.26	71.26	71.26	1.99	7.80	5.37
20	14	54	37	1.86	7.31	4.99	0.20	0.006	0.994	71.37	71.37	71.37	2.55	10.04	6.86
40	36	98	79	4.85	13.30	10.71	0.40	0.012	0.988	71.80	71.80	71.80	6.63	18.17	14.63
60	65	130	112	8.81	17.66	15.21	0.60	0.018	0.982	72.24	72.24	72.24	11.95	23.98	20.65
80	108	158	145	14.67	21.48	19.71	0.80	0.024	0.976	72.68	72.68	72.68	19.79	28.98	26.59
100	149	180	171	20.25	24.48	23.25	1.00	0.030	0.970	73.13	73.13	73.13	27.16	32.83	31.18
120	171	192	184	23.25	26.11	25.02	1.20	0.036	0.964	73.58	73.58	73.58	30.99	34.80	33.35
140	190	201	195	25.84	27.34	26.52	1.40	0.042	0.958	74.04	74.04	74.04	34.23	36.21	35.13
160	199	206	201	27.07	28.02	27.34	1.60	0.048	0.952	74.51	74.51	74.51	35.63	36.88	35.99
180	203	208	204	27.61	28.30	27.75	1.80	0.054	0.946	74.98	74.98	74.98	36.12	37.01	36.29
200	202	206	205	27.48	28.02	27.89	2.00	0.060	0.940	75.46	75.46	75.46	35.71	36.42	36.24
220			204			27.75	2.20	0.066	0.934	75.94	75.94	75.94			35.84
240							2.40	0.072	0.928	76.43	76.43	76.43			
260							2.60	0.078	0.922	76.93	76.93	76.93			

Nota: La carga total sobre la muestra se calculó a partir de las lecturas del deformímetro de carga (Divisiones), aplicando la ecuación de calibración del anillo de carga: $P[g]=136.29 \cdot Div-52.804$.

Los valores fueron posteriormente convertidos a kilogramos (1 kg = 1000 g).



MUESTRAS	M-16	M-17	M-18	PROMEDIO
qu (kPa)	36.12	37.01	36.29	36.47
C (kPa)	18.06	18.50	18.15	18.24



“INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD EN LA SUBRASANTE DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS, CUSCO – 2024”



UBICACIÓN Comunidad de Hullcarpay, distrito de San Sebastián, provincia y departamento de Cusco

PRECIO DE MERCADO DE CADA ADITIVO

Descripción	Unidad	cantidad	precio(S/.)	parcial(S/.)
Aditivo Cemento IP :	Kg	1	19.8	19.8
Aditivo Proes :	L	1	120	120
Aditivo Con-Aid :	L	1	330	330

CANTIDAD DE ADITIVOS POR M³

Descripción	Unidad	cantidad
Aditivo Cemento IP al 1.5% :	Kg	29.10
Aditivo Proes al 0.03% :	L	0.58
Aditivo Con-Aid al 0.03% :	L	0.58

COMPARATIVO DE COSTOS POR M³

Descripción	Unidad	cantidad	precio(S/.)	parcial(S/.)
Estabilización con Cemento IP al 1.5% :	m ³	1	13.56	13.56
Estabilización con Proes al 0.03%+ Cemento IP al 1.5% :	m ³	1	83.36	83.36
Estabilización con Con-Aid al 0.03% + Cemento IP al 1.5% :	m ³	1	205.66	205.66
Estabilización con Proes al 0.03% + Con-Aid al 0.03%+ Cemento IP al 1.5% :	m ³	1	302.59	302.59
Estabilización con la Cantera Sencca :	m ³	1	45.5	45.50

CBR MÁXIMOS ALCANZADOS

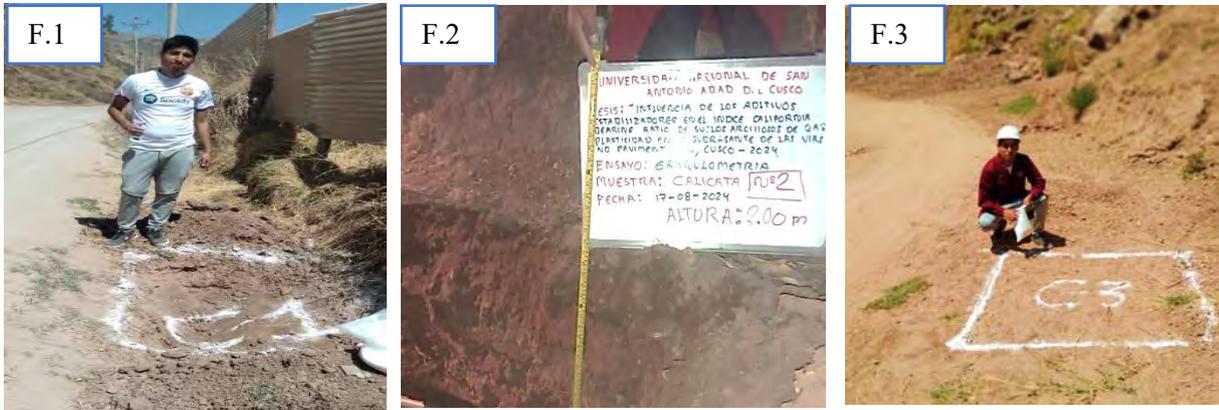
Descripción	CBR (%) máximo alcanzado
Estabilización con Cemento IP al 1.5% :	32.80
Estabilización con Proes al 0.03%+ Cemento IP al 1.5% :	67.18
Estabilización con Con-Aid al 0.03% + Cemento IP al 1.5% :	57.21
Estabilización con Proes al 0.03% + Con-Aid al 0.03%+ Cemento IP al 1.5% :	87.81
Estabilización con la Cantera Sencca :	65.80

Nota: El valor del CBR y el costo de la cantera Sencca fueron obtenidos del estudio *“Mejoramiento de la transitabilidad vehicular y peatonal en las calles de la APV. Moisés Barreda y APV. Ununchis del distrito de San Sebastián – provincia del Cusco – Cusco, 2019”*.

Anexo F. Panel fotográfico

Anexo F.1: Imágenes de la visita inicial al campo y de la excavación de las calicatas

Fotografía F.1: Ubicación y excavación de las calicatas



Fotografías complementarias



Las fotografías a, b, c, d y e muestran excavaciones de las calicatas C1, C2, C3, C4 y C5 respectivamente.

Anexo F.2: Imágenes de ensayos de caracterización del Suelo

Anexo F.2.1: Imágenes del análisis granulométrico por tamizado de las calicatas

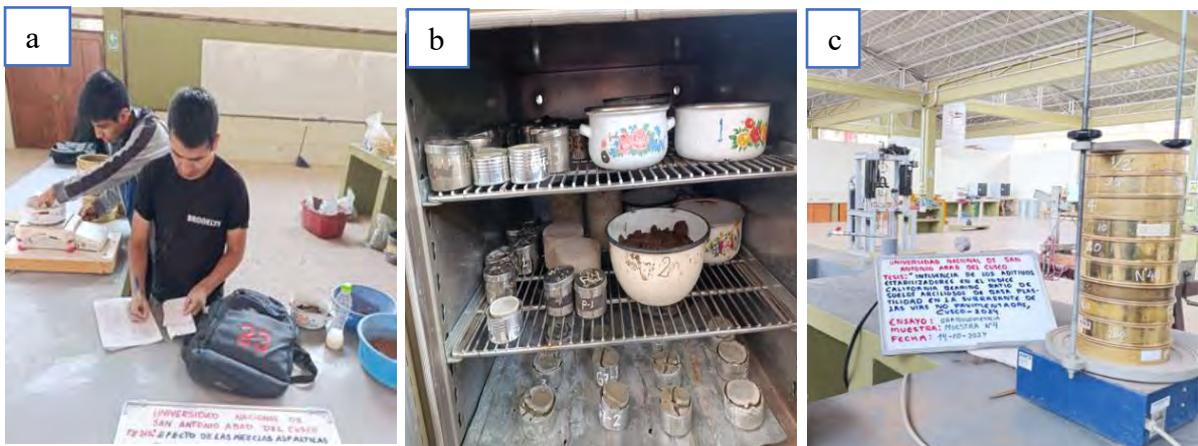
Fotografía F.8: Cuarteo de muestras de las calicatas C-1, C-2, C-3, C-4 y C-5 para el ensayo de granulometría por tamizado



Fotografía F.9: Lavado de muestras de las calicatas C-1, C-2, C-3, C-4 y C-5 para el ensayo de granulometría por tamizado



Fotografías complementarias



Las fotografías a, b y c muestran el pesado, la colocación en el horno y el tamizado mecánico de las muestras.

Anexo F.2.2: Imágenes de límites de Atterberg de las calicatas

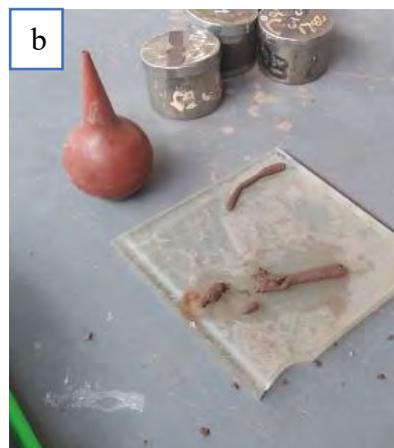
Fotografía F.10: Muestra y equipos para realizar el ensayo de límites de las calicatas C-1, C-2, C-3, C-4 y C-5



Fotografía F.11: Procedimientos del ensayo de límite líquido de las calicatas C-1, C-2, C-3, C-4 y C-5



Fotografías complementarias



Las fotografías a, b y c muestran los procedimientos para determinar el límite plástico de las calicatas C-1, C-2, C-3, C-4 y C-5.

Anexo F.3: Imágenes de ensayos de investigación y dosificación

Anexo F.3.1: Imágenes del ensayo de límites de Atterberg de los suelos tratados

Fotografía F.12: Obtención de la muestra y los aditivos



Fotografía F.13: Dosificación de las muestras y elaboración del ensayo



Fotografías complementarias



Las fotografías a, b y c muestran la capsulas para determinar el contenido de humedad.

Anexo F.3.2: Imágenes de ensayos de Proctor modificado de suelos tratados

Fotografía F.14: Tamizado y preparación de muestra para todas las dosificaciones correspondientes



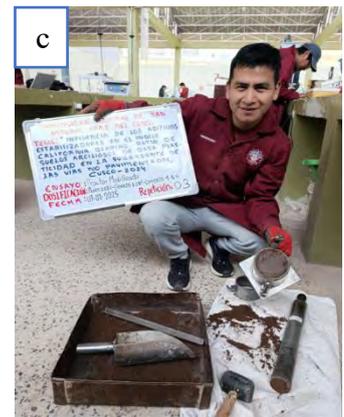
Fotografías complementarias



Fotografía F.15: Compactación Proctor modificado para cada dosificación



Fotografías complementarias



Fotografía F.16: Extracción de muestras en capsulas y colocado al horno



Anexo F.3.3: Imágenes de ensayos de CBR de suelos tratados

Fotografía F.17: Moldes utilizados para el ensayo de CBR



Fotografía F.18: Tamizado y preparación de muestra para todas las dosificaciones correspondientes



Fotografías complementarias

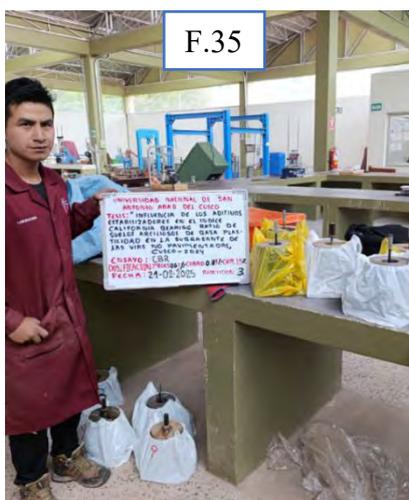




Fotografía F.19: Compactado de las muestras de CBR para golpes de 12, 26 y 55 golpes



Fotografía F.20: Envolvemos las muestras con plástico para dejarla curar durante 7 días



Fotografía F.21: Sumergido de muestras después de los 7 días de curado



Fotografía F.22: Penetración de muestras con el equipo de CBR



Anexo G.3.4: Imágenes de Ensayo de Resistencia a la Compresión Simple de suelos tratados

Fotografía F.23: Preparación de muestra para todas las dosificaciones correspondientes



Fotografías complementarias



Fotografía F.24: Rotura y extracción de muestra para colocar en el horno

